

# **Mentale Modelle der Benutzer von Fahrerinformationssystemen**

## **Dissertation**

Zur Erlangung des akademischen Grades doctorum rerum naturalium  
im Fach Psychologie

eingereicht an der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von Dipl.-Psych. Tanja Schilling,  
geboren am 29.12.1975 in Groß-Gerau

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin  
Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph Marksches

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II  
Prof. Dr. Wolfgang Coy

Gutachter:

1. Prof. Dr. Hartmut Wandke
2. Prof. Dr. Heinz-Jürgen Rothe
3. Prof. Dr. Rainer H. Kluwe

eingereicht am: 21. April 2008

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Oktober 2008



## Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es einerseits, allgemeine Erwartungen an die Bedienabläufe eines Fahrerinformationssystems zu ermitteln, welche Benutzer aus ihren Vorerfahrungen mit anderen technischen Geräten mitbringen, und andererseits zu zeigen, dass sich die Anpassung der Bedienabläufe eines Fahrerinformationssystems an diese allgemeinen Benutzererwartungen vorteilhaft auf die Gebrauchstauglichkeit des Gerätes auswirkt. Dabei wird eine Erwartung, welche in einer bestimmten Bediensituation an das Gerät besteht, verstanden als das mentale Modell von der Funktionsweise des Systems, welches der Benutzer in genau dieser Situation aus seinem schematischen Vorwissen und Merkmalen der Bedienoberfläche des zu bedienenden Gerätes bildet.

In einer ersten Studie werden zunächst durch einen Vergleich mit dem konzeptuellen Modell eines bestehenden Fahrerinformationssystems diejenigen mentalen Modelle der Benutzer von Bedienabläufen identifiziert, welche interindividuell übereinstimmen. Dazu wird eine auf *process tracing* aufbauende, eigens entwickelte Methodik eingesetzt, welche es ebenfalls erlaubt, für diese Erwartungen diejenigen Aspekte zu ermitteln, welche unabhängig von speziellen Merkmalen des untersuchten Systems auch für Bedienabläufe eines Fahrerinformationssystems generell zutreffen. In einer nächsten Studie werden die ermittelten systemunabhängigen Benutzererwartungen verifiziert, indem aus ihnen das Bedienverhalten für ein zweites FIS mit anderem Bedienkonzept vorhergesagt wird. Dank der Verwendung des gleichen, handlungspsychologisch definierten Analyseniveaus für mentale und konzeptuelle Modelle können die verifizierten systemunabhängigen, interindividuell übereinstimmenden Benutzererwartungen als konzeptuelle Modelle in Form von Status-Übergangs-Diagrammen dargestellt und so als allgemeine Gestaltungsempfehlungen für Bedienabläufe in Fahrerinformationssystemen festgehalten werden. In einer dritten Studie werden die Bedienabläufe eines Prototypen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen gestaltet und gegenüber Bedienabläufen evaluiert, welche von den Benutzererwartungen abweichen. Dabei zeigt sich, dass Bedienabläufe, welche mit den allgemeinen mentalen Modellen der Benutzer übereinstimmen, zu besseren Bedienleistungen und Systembewertung auf Seiten der Benutzer führen. Die formulierten allgemeinen Gestaltungsempfehlungen sind meist generalisierbar auf andere Domänen und die Ergebnisse dieser Arbeit bieten Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsarbeiten.

Schlagwörter:

mentale Modelle, lautes Denken, komplexe Systeme, Process Tracing, Fahrerinformationssysteme, Gebrauchstauglichkeit

## Abstract

The presented research project has two main goals: To learn about the nature of users' general expectancies towards the operation of infotainment systems in passenger cars and to show that designing the paths of operation according to the users' expectancies has positive effects on the usability of such systems. An expectancy at a certain point in the course of operation is understood as the mental model which the user forms of the system's functionality in this situation on the basis of the system's interface's properties and his or her past experiences with other technical devices.

A first study compares the conceptional model of an existing in-car infotainment system with the mental models of people using this system and thus identifies which mental models are shared interindividually by a majority of the users. The methodology used in this study was developed based on *process tracing* and permitted to equally identify those aspects of the mental models which are independent of the specific interaction concept of the examined system and therefore apply to the paths of operation of any in-car infotainment system in general. A next study verifies the users' system-independent expectancies found in the first study by predicting users' behavior during the operation of a second system with a different user interface. Both the users' mental models and the systems' conceptional models are analyzed and described using the same level of abstraction which is defined on the basis of action regulation theory. Thus directly comparable to the conceptional models, the users' expectancies are described as state-transition diagrams which in turn as conceptional models represent the derived recommendations for the design of operational paths in infotainment systems. A third study uses a prototype system to evaluate paths of operation which have been designed according to the general recommendations versus paths of operation which deviate from the users' expectancies. The results of this third study show that a system with paths of operation matching the users' general mental models permits better user performance and leads to greater customer satisfaction. The general rules for designing the paths of operation of an in-car infotainment system described in this project can be applied to other domains and open perspectives for future research.

### Keywords:

mental models, thinking aloud, complex systems, process tracing, in-car infotainment systems, usability

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	3
Abstract .....	4
Inhaltsverzeichnis .....	5
1 Einleitung .....	8
2 Die Gestaltung von Bedienabläufen eines FIS auf Basis von mentalen Modellen der Benutzer .....	13
2.1 Die Rolle mentaler Modelle bei der Bedienung eines FIS .....	14
2.2 Abstraktionslevel für die Analyse und Darstellung mentaler Modelle .....	18
2.3 Identifizierung relevanter Aspekte von mentalen Modellen für die Gestaltung von Bedienabläufen .....	24
2.3.1 Merkmale von systemübergreifenden mentalen Modellen .....	25
2.3.2 Interindividuell übereinstimmende mentale Modelle .....	33
2.4 Vorteile von optimierten Bedienabläufen für Lernprozesse und Doppelaufgaben-Situation .....	35
2.4.1 Lernen und Transfer bei der Bedienung von FIS .....	36
2.4.2 Bedienung eines FIS bei Ausführung einer Parallelaufgabe .....	37
2.5 Ableitung des gewählten Untersuchungsplans .....	38
3 Studie A: Ermittlung interindividuell übereinstimmender mentaler Modelle von Bedienabläufen .....	40
3.1 Methodik Studie A .....	40
3.1.1 Untersuchungsteilnehmer Studie A .....	40
3.1.2 Versuchsumgebung .....	41
3.1.3 Durchführung Studie A .....	43
3.2 Einschub: Entwicklung einer Methodik zur Analyse des Bedienverhaltens und Ableitung der mentalen Modelle .....	45
3.2.1 Aufgabenanalyse und Erstellung der konzeptuellen Modelle .....	45
3.2.2 Vorbereitungen und Vorüberlegungen zum Auswertungsschema .....	46
3.2.3 Siebenstufiges Auswertungsschema .....	48
3.3 Design und Hypothesen Studie A .....	54
3.3.1 Untersucher Funktionsumfang, Aufgabenreihenfolge, Gruppen .....	54
3.3.2 Erhobene Maße, extrahiert aus den Protokollen .....	55
3.3.3 Hypothesen für Studie A .....	56
3.4 Ergebnisse Studie A .....	57
3.4.1 Benutzererwartungen an Bedienabläufe des Systems A .....	57
3.4.2 Transfereffekte bei Speichervorgängen .....	68
3.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse Studie A .....	71
3.5 Diskussion Studie A .....	72
3.5.1 Interindividuelle Variation der mentalen Modelle und systemunabhängige Benutzererwartungen .....	72
3.5.2 Lerneffekte: Anpassung von mentalen Modellen .....	75

4	Studie B: Verifizierung von systemunabhängigen Aspekten allgemeiner Benutzererwartungen .....	78
4.1	Methodik Studie B.....	78
4.1.1	Untersuchungsteilnehmer Studie B.....	78
4.1.2	Versuchsumgebung Studie B.....	79
4.1.3	Durchführung der Studie B .....	80
4.2	Design und Hypothesen Studie B .....	81
4.2.1	Untersuchte Aufgabenauswahl und Aufgabenvergleich .....	81
4.2.2	Erhobene Maße Studie B.....	82
4.2.3	Hypothesen für Studie B.....	82
4.3	Ergebnisse Studie B .....	86
4.3.1	Benutzererwartungen an Bedienabläufe in System B .....	86
4.3.2	Unterschiede zwischen erwartungskonformen und erwartungskonträren Bedienabläufen .....	98
4.3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse Studie B .....	99
4.4	Diskussion Studie B.....	100
4.4.1	Kategorisierung der aufgetretenen Ist-Bedienhandlungen .....	100
4.4.2	Verifizierung der systemunabhängigen mentalen Modelle .....	101
4.4.3	Auswirkungen auf Zufriedenheit und Schwierigkeit.....	106
5	Allgemeine Benutzererwartungen als domänenspezifische Gestaltungsempfehlungen.....	108
5.1	Hinzufügen von Bedienhandlungen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen .....	109
5.2	Verändern von Bedienhandlungen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen .....	112
6	Studie C: Evaluation der Gestaltungsempfehlungen .....	116
6.1	Methodik Studie C.....	116
6.1.1	Untersuchungsteilnehmer Studie C.....	116
6.1.2	Versuchsumgebung Studie C.....	117
6.1.3	Durchführung Studie C .....	118
6.2	Design und Hypothesen Studie C .....	119
6.2.1	<i>Between</i> -Faktor <i>Optimierung</i> von Bedienabläufen.....	119
6.2.2	<i>Within</i> -Faktor Wiederholung .....	123
6.2.3	<i>Within</i> -Faktor kognitive Zusatzbelastung .....	123
6.2.4	Erhobene Maße (abhängige Variablen) Studie C .....	123
6.2.5	Hypothesen für Studie C.....	124
6.3	Ergebnisse Studie C .....	125
6.3.1	Ergebnisse zu Bedienleistung und System-Beurteilung .....	126
6.3.2	Detailanalysen für die verschiedenen Aufgaben .....	134
6.4	Diskussion Studie C.....	136
6.4.1	Einflüsse auf Bedienleistung und System-Beurteilung .....	136
6.4.2	Erfolg der Optimierungen bei den einzelnen Aufgaben .....	140
7	Diskussion und Ausblick .....	142
7.1	Allgemeine Erwartungen an Bedienabläufe eines FIS .....	143
7.2	Systemunabhängigkeit von Benutzererwartungen .....	146

7.3 Erlernen und Modifizieren mentaler Modelle durch Transfer.....	149
7.4 Geeignetes Abstraktionslevel für Analyse und Darstellung von mentalem und konzeptuellem Modell.....	151
7.5 Positive Effekte der Gestaltung von Bedienabläufen nach Benutzererwartungen.....	155
Literaturverzeichnis.....	158
Abkürzungsverzeichnis .....	167
Glossar .....	168
Abbildungsverzeichnis .....	170
Tabellenverzeichnis .....	174
Anhang .....	176
I Anhang I: Details zu Methoden/ Auswertung .....	177
I.a Bedienhandlungen in Systemen A und B.....	177
I.b Verwendete Aufgaben der drei Studien .....	179
I.c Standardisierte Hilfestellungen in den drei Studien.....	183
I.d Vorerfahrungsfragebogen.....	184
I.e Skalen für subjektive Maße in den Studien B und C .....	186
II Anhang II: Details zu den Ergebnissen der Studie A.....	187
II.a Ergebnisse der Studie A: Soll-Bedienhandlungen mit bedeutsamen Abweichungen .....	187
II.b Ergebnisse der Studie A: Visualisierung der abweichenden mentalen Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung .....	198
III Anhang III: Details zu Vorhersagen der Studie B .....	206
III.a Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B die gleichen Fehlbedienungen wie in A vorhergesagt wurden .....	206
III.b Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B „neue“ Fehlbedienungen vorhergesagt wurden .....	207
III.c Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B andere Fehlbedienungen als in A vorhergesagt wurden .....	208
III.d Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B keine Fehlbedienungen vorhergesagt wurden .....	211
III.e Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B ebenfalls Übereinstimmung zwischen system-unabhängigen Erwartungen und Bedienabläufen angenommen wurde.....	212
IV Anhang IV: Details zu den Ergebnissen der Studie B .....	213
IV.a Ergebnisse der Studie B: Soll-Bedienhandlungen mit bedeutsamen Abweichungen .....	213
IV.b Ergebnisse der Studie B: Visualisierung der abweichenden mentalen Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung .....	219
Danksagung .....	225
Erklärungen .....	226

# 1 Einleitung

In modernen Automobilen werden dem Fahrer<sup>1</sup> und anderen Personen im Fahrzeug immer mehr Komfort-, Assistenz- und Informationssysteme zur Verfügung gestellt. Es gibt Systeme, welche Unterstützung beim Führen des Kraftfahrzeugs bieten, wie z.B. beim Halten einer bestimmten Geschwindigkeit (Tempomat), beim Einhalten eines Mindestabstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug (Abstandsregelsystem), beim Parken (Einparkhilfe) oder bei der Querregelung (Spurwechselassistent, ESP). Für sie hat sich die Bezeichnung Fahrerassistenzsysteme (oder Assistenzsysteme, Fahrassistenzsysteme) etabliert. Andere Funktionsbereiche stehen nicht in direktem Zusammenhang mit der Fahrzeugführung, wie z.B. Kommunikation, Information und Entertainment. Solche Funktionen werden häufig unter Fahrerinformationssystemen (oder Fahrinformationssystemen) zusammengefasst.

Die Bedienung<sup>2</sup> und Anzeige von Fahrerassistenzsystemen (FAS) erfolgt meist möglichst nahe beim Lenkrad, im direkten Sichtbereich des Fahrers. Fahrerinformationssysteme dagegen stehen auch dem Beifahrer zur Verfügung, daher sind Eingabe- und Ausgabelemente meist in der Mittelkonsole, also im peripheren Sicht- und Aktionsradius des Fahrers angeordnet. Häufig hat der Fahrer jedoch die Möglichkeit, einige Funktionen der Fahrerinformationssysteme alternativ auch über Tasten in der Nähe des Lenkrads zu bedienen und in seinem unmittelbaren Blickfeld anzuzeigen.

Die Definition von **Fahrerinformationssystemen** (FIS) ist nicht übergreifend festgelegt. In dieser Arbeit soll unter einem Fahrerinformationssystem ein System verstanden werden, welches in der Mittelkonsole verschiedene Funktionsbereiche unter einer gemeinsamen Bedienoberfläche integriert. Der Funktionsumfang eines Fahrerinformationssystems kann je nach Fahrzeugtyp und –Hersteller variieren, z.B. können die Funktionsbereiche Navigation, Telefonie, Audio/ Video, Klimaanlage und/ oder Fahrzeugfunktionen enthalten sein.

Vergleicht man die hier vorgenommene Unterscheidung zwischen Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen mit der Einteilung von Aufgaben im Fahrzeug von Bubb

---

<sup>1</sup> Diese Arbeit verzichtet auf geschlechtsspezifische Bezeichnungen für Personengruppen, der Einfachheit halber wird die maskuline Form verwendet. Wenn nicht anders angegeben, sind darunter die weiblichen Personen mit eingeschlossen.

<sup>2</sup> Die Verwendung des Begriffs "bedienen" folgt in dieser Arbeit dem allgemeinen Sprachgebrauch. Es ist damit die Betätigung verschiedener Eingabe-Elemente an einem technischen Gerät gemeint, mit dem Zweck, sich die Funktionalität dieses Gerätes zu Nutze zu machen. Dabei wird der Benutzer jeweils als Beherrscher des Gerätes gesehen, nicht als dessen Diener.



(2003), so liefern Fahrerassistenzsysteme Unterstützung bei der primären Fahraufgabe, während die meisten Funktionen eines Fahrerinformationssystems dem Fahrer Unterstützung bei tertiären Aufgaben bieten. Nicht alle Funktionsbereiche eines Fahrerinformationssystems, sind jedoch der Ebene der tertiären Aufgaben eindeutig zuzuordnen. Der Funktionsbereich „Navigation“ assistiert z.B. sowohl im Rahmen der akustischen und visuellen Fahrempfehlungen auf der Ebene der Navigation als Teil der primären Fahraufgabe, als auch bei der tertiären Aufgabe, das Informationsbedürfnis des Fahrers zu stillen, im Rahmen der Angabe von zusätzlichen Informationen zu dem gewählten und anderen möglichen Zielen.

Da in einem Fahrerinformationssystem mehrere Funktionsbereiche unter einer gemeinsamen Bedienoberfläche zusammengeschlossen sind, findet sich ein Benutzer während der Bedienung nun mit einem einzigen Multifunktionsgerät anstatt mit mehreren Einzelgeräten konfrontiert. Diese Multifunktionsgeräte sind menügesteuerte Bildschirmsysteme. Sie verfügen meist über relativ große, farbige Displays, einige Tasten mit fest zugeordneter Funktion und mehrere Multifunktionstasten. Die Funktionen der früher eigenständigen Geräte sind in einer Menüstruktur repräsentiert, welche die ursprünglichen Geräte meist jeweils zu Funktionsbereichen/ -gruppen gliedert. Die gewünschte Funktionsgruppe kann ausgewählt werden und wird dann auf dem Display angezeigt. In der Regel ist zu einem Zeitpunkt nur eine der Funktionsgruppen sicht- und bedienbar: Die vorhandenen Bedienelemente können benutzt werden, um innerhalb dieser gerade angezeigten Funktionsgruppe Einstellungen vorzunehmen, Funktionen auszulösen oder zu einem anderen Funktionsbereich zu wechseln.

Für Funktionsbereiche, welche aus einem anderen Anwendungskontext als dem des Fahrzeugs stammen (z.B. Kommunikation und Entertainment), ändert sich bei der Integration unter einer solchen gemeinsamen Bedienoberfläche die Darstellung und Bedienung erheblich gegenüber der Alltagsbenutzung. Auch Funktionsbereiche, die schon seit längerem im Fahrzeugkontext bekannt sind (z.B. Radio), erhalten durch die Integration in ein Fahrerinformationssystem eine veränderte Bedien- und Anzeige-Oberfläche. Zur Bedienung eines Autoradios standen beispielsweise in älteren handelsüblichen Geräten ein Lautstärkeregler, Tasten für den Sendersuchlauf und mehrere Speichertasten zur Verfügung. Ein Benutzer eines solchen Radios wird nach dem Kauf eines Neuwagens erwarten, die gleiche schon bekannte Funktionalität auch im neuen Fahrerinformationssystem bedienen zu können, obwohl dieses FIS nicht über die gleichen Tasten verfügt. Ein Benutzer, welcher aus der Benutzung seines Mobiltelefons mit dem Anrufen und Speichern von Telefonnummern vertraut ist, wird erwarten, diese Funktionalität auch in seinem Fahrerinformationssystem abgebildet zu finden, obwohl Displaygröße und Anordnung der Tasten

bei dem FIS sich deutlich von denen des Mobiltelefons unterscheiden. „Prinzipiell“, wird ein Benutzer bspw. sagen, „soll alles genauso funktionieren, wie bei meinem Handy auch“. Fahrerinformationssysteme und viele andere von außen sehr unterschiedlich erscheinende technische Alltagsgeräte, haben ähnliche Funktionen. Die Herausforderung bei der Entwicklung eines FIS besteht also darin, die in anderen technischen Geräten evt. ebenfalls vorhandenen Funktionen im Menü so abzubilden, dass ein Benutzer sie wieder erkennt. Je ähnlicher die Repräsentation der Funktionalität in einem Fahrerinformationssystem erfolgt, desto wahrscheinlicher ist es, dass der Benutzer damit gut zurechtkommt, weil er sein bisher erworbenes Wissen auf die neue Bediensituation transferieren kann. Während der Entwicklung eines neuen Fahrerinformationssystems stellt sich nun die Frage: Worin besteht denn dieses „prinzipiell genauso funktionieren“? Welche allgemeinen Erwartungen bringen Benutzer aus ihren Vorerfahrungen mit?

In der Praxis wird im Laufe des Entwicklungsprozesses eines FIS in der Regel zunächst auf Basis von Kriterien der Gebrauchstauglichkeit und anderer Kriterien über die grundlegende Konstellation von Bedien- und Anzeigeelementen für das neue System entschieden. Für diese Konstellation werden die grundlegende Anordnung der Elemente sowie ihre prinzipielle Funktion festgelegt. Des Weiteren werden wichtige Aspekte des Menü-Aufbaus und der Menüsteuerung definiert. Eine solches „Rahmengerüst“ grundlegender Aspekte für die Anzeige und Bedienung eines Fahrerinformationssystems wird im Allgemeinen als **Bedienkonzept** bezeichnet. Ein neues, innovatives Bedienkonzept eines Fahrerinformationssystems kann neben anderen technischen und ästhetischen Neuerungen in einem Fahrzeug für den Fahrzeughersteller ein Alleinstellungsmerkmal und damit einen Wettbewerbsvorteil bedeuten. In der Regel sind zum Zeitpunkt der Festlegung eines Bedienkonzeptes bereits exemplarisch Bedienabläufe zur Nutzung einiger Funktionen in einer Simulation umgesetzt worden. Der weitaus größte Teil der weiteren im Gerät zu integrierenden Funktionen und alle Details werden dann in der Folge festgelegt. Genau an diesem Punkt im Entwicklungsprozess wird es wichtig, die Erwartungen von Benutzern an Bedienabläufe zu kennen und die detaillierten Bedienabläufe entsprechend diesen Benutzererwartungen zu gestalten. Denn gleichzeitig sollen nicht nur Käufer, welche bereits ein Fahrzeug gleicher Marke besitzen oder besaßen, mühelos mit dem neuen Bedienkonzept zurechtkommen, sondern auch insbesondere Neukunden ihre bisherigen Vorerfahrungen mit technischen Geräten bei der Bedienung des neuen Systems anwenden können.

Bisher ist jedoch wenig bekannt darüber, welche Erwartungen genau an Bedienabläufe eines FIS bestehen. Normen und Gestaltungs-Leitfäden geben allgemeine Hinweise für die Dialog-Gestaltung oder Hinweise für die Verwendung bestimmter Metaphern in der Benutzeroberfläche. Nicht erforscht wurde bisher jedoch, wie sich Benutzer die Bedienab-

läufe bestimmter Aufgaben tatsächlich vorstellen. Für jedes neuartige Bedienkonzept wäre es wichtig, die allgemeinen Erwartungen von Benutzern zu kennen, um die Bedienabläufe unter Beachtung der spezifischen Merkmale des einzelnen Bedienkonzeptes entsprechend zu gestalten.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, solche allgemeinen Benutzererwartungen zu ermitteln, welche unabhängig von den spezifischen Merkmalen eines einzelnen Bedienkonzeptes prinzipiell für alle FIS gelten und daraus allgemeine Gestaltungsrichtlinien zu formulieren. Sie sollten von Interesse sein für Automobilhersteller und Hersteller von Fahrerinformationssystemen, denn: Entsprechen die Bedienabläufe eines Gerätes den Benutzererwartungen, so ist zu vermuten, dass Benutzer das Gerät besser und schneller bedienen können. Weiter ist zu vermuten, dass sie sich weniger ärgern und daher das System positiver bewerten. Nicht zuletzt wird eine effiziente, gut akzeptierte Bedienung den Fahrer auch weniger von seiner Primäraufgabe, der Fahrzeugführung, ablenken und so die Sicherheit im Fahrzeug erhöhen. Um nicht nur Gestaltungsempfehlungen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen ableiten zu können, sondern auch deren positive Auswirkung zu belegen, wird in dieser Arbeit versucht werden, die folgenden theoretischen Zielstellungen mit Hilfe empirischer Studien zu beantworten.

Die Erwartungen eines Benutzers hängen in großem Maße von Bedienerfahrungen ab, welche er gemacht hat, bevor er die Bedienung eines FIS beginnt. Wahrscheinlich ist es, dass verschiedene Benutzer unterschiedliche Erfahrungen mit der Bedienung technischer Geräte gemacht haben und demnach unterschiedliche Erwartungen mitbringen. Wahrscheinlich ist aber auch, dass einige Benutzer Erfahrung mit den gleichen Bedienprinzipien von Alltagsgeräten wie Mobiltelefonen und Computern gemacht haben, denn einige grundlegende Interaktionsformen und Abläufe sind weit verbreitet (für eine Beschreibung siehe z.B. Gerdes, 2000, Ilg und Ziegler, 1987, oder Oberquelle, 1994). Generell sind beispielsweise die Auswahl von Menüpunkten mit einem Cursor und die Steuerung dieses Cursors auf dem Bildschirm vielen Benutzern von der Bedienung eines Computers bekannt. Auch bestimmte typische Bedienabfolgen, wie z.B. das Eingeben von Ziffern und anschließende Bestätigen zur Eingabe einer PIN-Nummer dürfte den meisten Benutzern von unterschiedlichen Geräten her (z.B. Mobiltelefon, Geldautomat) bekannt sein. Weil Benutzer teilweise sehr ähnliche, teilweise aber auch unterschiedliche Erfahrungen gemacht haben, werden für einige Bediensituationen Erwartungen bestehen, welche bei einem Großteil der Benutzer übereinstimmen. Für andere Bediensituationen werden Benutzer sehr unterschiedliche Erwartungen haben.

Erstes Ziel dieser Arbeit wird also sein, in einer Studie mit explorativem Charakter herauszufinden, in welchen Bediensituationen die meisten Benutzer das gleiche erwarten, sowie

ob und welcher Teil dieser Erwartungen unabhängig von dem spezifischen Bedienkonzept besteht. Dazu müssen die interindividuell übereinstimmenden Anteile erkannt und geeignete Kriterien gefunden und angewendet werden, die es erlauben, diejenigen Inhalte der Erwartungen, welche sich auf spezifische Merkmale eines einzelnen Bedienkonzeptes beziehen, von solchen zu unterscheiden, welche systemübergreifend auch für Systeme mit anderen Bedienkonzepten generell gelten. Es werden geeignete theoretische Konzepte herangezogen und Methoden entwickelt, um die interindividuell übereinstimmenden Anteile sowie die systemunabhängigen Merkmale von Erwartungen zu identifizieren und zu beurteilen. Sind die interindividuell übereinstimmenden, systemübergreifenden Erwartungen ermittelt, wird es Ziel einer nächsten Studie sein, für die identifizierten Erwartungen zu verifizieren, dass sie tatsächlich für Bedienkonzepte im Allgemeinen gelten. Denn: Gelten die ermittelten Erwartungen tatsächlich systemunabhängig, so müssten Benutzer diese Erwartungen auch auf FIS mit anderem Bedienkonzept anwenden. Es müsste also möglich sein, aus den ermittelten Erwartungen vorherzusagen, wie Personen ein Gerät mit anderem Bedienkonzept bedienen werden. Gelingt also in einer zweiten Studie durch eine solche Vorhersage die Verifizierung, so können im Anschluss die identifizierten Erwartungen als systemübergreifend gelten. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit kann sodann verfolgt werden, nämlich aus ihnen allgemeine Gestaltungsprinzipien zu formulieren. Um wiederum die Generalisierbarkeit der Gestaltungsempfehlungen auf unterschiedliche Bedienkonzepte zu demonstrieren und die positiven Auswirkungen ihrer Anwendung auf Bedienleistung, Systembewertung und Sicherheit zu belegen, wird es Ziel einer abschließenden dritten Studie sein, Bedienabläufe entsprechend den aufgestellten Empfehlungen zu gestalten und bezüglich geeigneter Kriterien zu evaluieren. Der Schwerpunkt im Anliegen dieser Arbeit wird dabei, entsprechend den vorigen Ausführungen, darauf liegen, die Erwartungen der Benutzer an gleiche Funktionen bei unterschiedlichen Bedienoberflächen zu ermitteln, Bedienabläufe nach ihnen zu gestalten und die positiven Folgen für Bedieneffizienz und Systembewertung darzustellen. Der Aspekt der parallelen Aufgabenbearbeitung (Fahraufgabe und FIS-Bedienung) steht nicht im Mittelpunkt und wird nur ansatzweise mit einbezogen.

Findet man allgemeine Erwartungen, welche unabhängig von der speziellen Bedienoberfläche an den Ablauf der Bedienung zur Ausführung einer bestimmten Aufgabe bestehen, so sollten diese Erwartungen auch verallgemeinerbar sein auf andere Geräte, welche ebenfalls über diese Funktionalität verfügen.

## **2 Die Gestaltung von Bedienabläufen eines FIS auf Basis von mentalen Modellen der Benutzer**

Um ein Fahrerinformationssystem zu entwickeln, welches erfolgreich und effizient benutzt werden kann und so seine Benutzer zufrieden stellt, ist es wichtig, die Bedienoberfläche des Systems entsprechend den Benutzererwartungen zu gestalten. Die vorliegende Arbeit untersucht, welche allgemeinen Erwartungen Benutzer an die Bedienung eines FIS haben. Sie zeigt, wie diese Erwartungen zunächst ermittelt und dann aus ihnen Gestaltungsprinzipien abgeleitet werden können. Ebenfalls erfolgt eine Evaluation der abgeleiteten Gestaltungsprinzipien. Dieses Kapitel erläutert die theoretischen Hintergründe dieser Arbeit.

Um die Erwartungen von Benutzern darstellen zu können, wird in dieser Arbeit untersucht, welche mentalen Modelle Benutzer in konkreten Bediensituationen bilden. Bei gleichzeitiger Klärung der Verwendung des Begriffs „mentales Modell“ wird daher in diesem Kapitel als erstes aufgezeigt, welche Rolle mentale Modelle bei der Bedienung von technischen Geräten spielen (Unterkapitel 2.1). Im zweiten Abschnitt dieses Kapitels wird dargelegt, welches Abstraktionslevel im Rahmen der Fragestellung dieser Arbeit für die Analyse und Darstellung von mentalen Modellen sowie für die Formulierung der Gestaltungsempfehlungen gewählt wird (Unterkapitel 2.2). Nicht alle Aspekte der mentalen Modelle von Benutzern sind relevant zur Ermittlung der allgemeinen Benutzererwartungen, daher beschreibt Unterkapitel 2.3, inwiefern mentale Modelle und welche ihrer Aspekte für die Gestaltung der Bedienabläufe wichtig sind. Ebenfalls wird dort die Erstellung der domänenspezifischen Gestaltungsempfehlungen beschrieben, welche die Erwartungen von Benutzern an Bedienabläufe bestimmter Aufgaben inhaltlich bezüglich der konkret erwarteten Schritte berücksichtigen. Das resultierende Set von allgemeinen Erwartungen wird eine Anleitung für die konkrete Gestaltung der Bedienabläufe für typische Bedienaufgaben sein, welche zum Abschluss der Arbeit für einen Prototypen angewendet und evaluiert werden. Unterkapitel 2.4 stellt vor, welche Vorteile für die entsprechend den allgemeinen Erwartungen gestalteten Bedienabläufe gegenüber nicht optimierten Bedienabläufen angenommen werden und welche Kriterien zur Evaluation der Gestaltungsprinzipien herangezogen. Unterkapitel 2.5 schließlich fasst den gewählten resultierenden Untersuchungsplan zusammen.

## **2.1 Die Rolle mentaler Modelle bei der Bedienung eines FIS**

Das Konstrukt des mentalen Modells wird seit geraumer Zeit in unterschiedlichen Forschungsbereichen zur Erklärung und Vorhersage menschlichen Verhaltens und Denkens benutzt. Die meist zitierten Werke dazu sind wohl die Bücher von Genter und Stevens (1983) und Johnson-Laird (1983). Im Laufe der Zeit ist eine überaus vielfältige Forschungslandschaft entstanden, in welcher der Begriff mentales Modell in unterschiedlichen Definitionen verwendet und verstanden wird. Zahlreiche Überblicksartikel sind dazu publiziert worden, welche wiederum unterschiedliche Dimensionen verwenden, um die Forschungsansätze und Definitionen zu mentalen Modellen einzuordnen, zu kategorisieren (bspw. Moray, 1997; Nielsen, 1990; Norman, 1983; Payne, 2003). Für die Unterschiedlichkeit der Auffassungen liefert Moray (1997) folgende Erklärung: Die verschiedenen Auffassungen von mentalen Modellen sind entstanden, da das Konstrukt in unterschiedlichen Aufgabenkontexten untersucht wurde. In Abhängigkeit von der untersuchten Aufgabe ist das Ausmaß an Interaktion zwischen Mensch, System und der zugehörigen Umgebung, welche in dem Konstrukt mentales Modell berücksichtigt wird, in verschiedenen Ansätzen unterschiedlich. Um zu beschreiben, welche Rolle mentale Modelle bei der Bedienung eines FIS spielen und auf welche Weise angemessene mentale Modelle die Bedienung erleichtern, soll zunächst das Verständnis des Konstruktes mentales Modell für diese Arbeit erläutert werden.

Mentale Modelle, darüber besteht weitgehend Einigkeit in der Forschung zur Mensch-Maschine-Interaktion, sind mehr oder weniger zutreffende interne Abbilder, welche eine Person von ihrer funktionalen Umgebung hat. Um ein Gerät oder eine Anlage erfolgreich bedienen zu können, ist es wichtig, ein mentales Modell zu haben, welches gut mit dem zu bedienenden System übereinstimmt und so eine effektive Bedienung ermöglicht. Trotz des unterschiedlichen Verständnisses davon, was ein mentales Modell genau ist, besteht wohl Einigkeit darüber, dass ein Benutzer ein System umso besser bedienen kann, je besser die Passung zwischen der Vorstellung dieses Benutzers und dem tatsächlichen System ist. Mentale Modelle spielen somit eine entscheidende Rolle für Systemverständnis und Handlungsentscheidungen eines Benutzers (Kluwe & Haider, 1990) während der Bedienung eines technischen Gerätes.

Benutzer eines technischen Gerätes erwerben im Rahmen ihrer Erfahrung im Umgang mit verschiedenen technischen Geräten schematisches Wissen über Funktionsweise und Bedienung dieser Geräte, welches im Langzeitgedächtnis gespeichert wird. Je mehr Vorerfahrung eine Person hat, desto umfangreicher und differenzierter, aber auch abstrakter ist diese Wissensbasis. Bei der Bedienung bestimmter Funktionen an einem Gerät verfolgen Benutzer ein Ziel, welches sich, wie jede Tätigkeit oder Aufgabe, hierarchisch unter-

gliedern lässt (Cranach, Kalbermatten, Indermühle & Gugler, 1980). Um das jeweilige Bedienziel zu erreichen, führt ein Benutzer nacheinander mehrere Bedienhandlungen aus, welche ihn dem jeweiligen Bedienziel näher bringen sollen. Zur Auswahl der auszuführenden Bedienhandlungen nutzen Personen sowohl ihr Vorwissen als auch Hinweise aus der Bedienoberfläche des Systems. In Abhängigkeit vom Übungsgrad kann die Ausführung der Bedienhandlungen mehr oder weniger automatisiert ablaufen. Bei wenig geübten und unbekannten Bediensituationen erfolgt die Auswahl einer Handlung über bewusste Entscheidungsprozesse.

Als **mentales Modell** soll nun eine Vorstellung über die Funktionsweise und Bedienung eines konkreten Gerätes verstanden werden, welche ein Benutzer während des Bedienprozesses in einer bestimmten Situation in Abhängigkeit von der Aufgabe aus seinem Vorwissen und Anhaltspunkten des Systems ableitet. Dieses mentale Abbild des Systems dient dem Benutzer unter anderem als Grundlage für die Auswahl seiner Bedienhandlungen. Dieses Verständnis entspricht weitestgehend dem von Dutke (1994), welcher ein mentales Modell als die Instantiierung eines gespeicherten Schemas beschreibt, das durch Merkmale der jeweiligen Situation aktiviert und dessen Leerstellen (*slots*) durch diese Merkmale befüllt werden.

In Abhängigkeit von ihrem Vorwissen und von den Funktionen, welche sie an einem Gerät wahrnimmt, formt sich eine Person ein internes Abbild davon, wie das Gerät funktioniert. Ein mentales Modell beinhaltet demnach Informationen darüber, welche Auswirkungen bestimmte Bedienhandlungen haben werden. Je nachdem, welches Ziel sie gerade verfolgt, wählt die Person die am besten geeignete Handlungsalternative aus. Auf Basis eines mentalen Modells ist eine Person also in der Lage, Systemzustände und Reaktionen des Systems zu interpretieren und vorherzusagen sowie Handlungen abzuleiten. „Merkmale und Beschaffenheit des individuellen mentalen Modells bedingen das Verständnis von Systemzuständen und –abläufen sowie die Kontroll- und Steuerentscheidungen des Individuums“ (Kluwe & Haider, 1990), S. 128. Durch den Erfolg oder Misserfolg einer Handlung erhält die Person Rückmeldung dazu, ob das gebildete mentale Modell angemessen ist oder nicht. So kann bestehendes schematisches Wissen kontinuierlich erweitert und differenziert werden (wobei allerdings eine gewisse Änderungsresistenz bereits vorhandener Repräsentationen besteht; Dutke, 1994).

Anders als im Verständnis von Moray (1997) werden mentale Modelle in dieser Arbeit also nicht selbst als Teil des Langzeitgedächtnisses verstanden. Moray geht davon aus, dass aus den mentalen (Langzeit-) Repräsentationen einer Person Erwartungen gegenüber der Systembedienung für die aktuelle Situation entstehen. Auch Norman (1991) verwendet den Begriff Erwartung für die Vermutungen der Benutzer über die Bedienoberfläche, wel-

che aus ihrem schematischen Wissen abgeleitet werden. Der Begriff **Erwartung** wird von nun an folglich synonym zu dem des mentalen Modells in der zuvor erfolgten Definition gebraucht werden. Gemeint sind damit jeweils die zu bestimmten Zeitpunkten im Arbeitsgedächtnis aktiven Vorstellungen vom System, die Vermutungen eines Benutzers über Funktionsweise und Bedienablauf. Mit **mentale Repräsentation**, **schematisches Wissen** oder **Vorwissen** soll dagegen in dieser Arbeit die Wissensbasis bezeichnet werden, welche ein Benutzer im Laufe der Zeit erworben hat und welche Bestandteil seines Langzeitgedächtnisses ist. Nach diesem Verständnis des Konstruktes sind mentale Modelle situationsabhängig, d.h. es besteht auch eine inhaltliche Nähe zum Konzept des *situation model* (Endsley, 2000; Endsley, 1995a; Endsley, 1995b). Weiterhin handelt es sich bei dem hiesigen Verständnis des Konstruktes um ein Abbild des Systems in der Vorstellung des Benutzers und damit nach Norman (1983) um ein Modell des Benutzers vom System, nicht etwa um ein Modell eines System-Entwicklers vom System oder eines Forschers davon, wie das mentale Modell eines Benutzers aussehen könnte (für weitere Ausführungen zu dieser Unterteilung s. z.B. Brauner, 1994; Kluwe & Haider, 1990; Sasse, 1997).

In komplexen Systemen dienen mentale Modelle besonders in unbekannten Situationen als Grundlage für Problemlöseprozesse. So bildet ein Benutzer auf Basis seines mentalen Modells einen Handlungsplan, durch welchen er glaubt, sein Bedienziel erreichen zu können. Jeder Schritt soll ihn seinem Ziel näher bringen. Mentale Modelle sind demnach abhängig von dem Ziel, welches ein Benutzer gerade verfolgt. Es werden diejenigen Schritte repräsentiert, welche zur Lösung einer Aufgabe nötig sind (im Sinne von operativen Abbildsystemen, vgl. OAS nach Hacker, 1986). Im Sinne der Mittel-Ziel-Analyse wird nach jedem ausgeführten Schritt der nächste ausgewählt. Nach jedem Schritt besteht die Möglichkeit, das mentale Modell und damit die nächste Handlung an die neu eingetretene Situation anzupassen.

Für die Bedienung eines Fahrerinformationssystems (FIS) spielen mentale Modelle also folgende Rolle: Ein Benutzer möchte ein FIS zu einem bestimmten Zweck verwenden, hat also ein Ziel. Je nachdem, ob dieser Benutzer ein solches Ziel schon zuvor mit einem ähnlichen Gerät erreicht hat, verfügt er über mehr oder weniger passendes schematisches Wissen zu dieser Aufgabe. In Abhängigkeit von diesem Wissen und davon, welche Informationen der Benutzer von den Bedien- und Anzeige-Elementen des FIS ablesen kann, formt er ein mentales Modell von der Funktionsweise, der nötigen Bedienweise und aufbauend darauf einen mehr oder weniger konkreten Handlungsplan.

Hat ein Benutzer schon Erfahrungen mit dem gerade verwendeten System, so wird er besonders für bekannte Funktionen geeignetes schematisches Wissens gespeichert haben, daher ein den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechendes mentales Modell formen



können und zielführende Handlungen ableiten. Hat ein Benutzer dieses FIS schon verwendet, aber noch nicht zu genau diesem Zweck, so aktiviert er Schemata, welche Informationen über Aufbau und Bedienprinzip genau dieses Gerätes enthalten, und wird daher Ähnlichkeiten zu anderen Aufgaben dieses Systems erwarten. Wenn ein Benutzer noch keine Erfahrung hat mit diesem speziellen Fahrerinformationssystem, so wird er versuchen, Wissen aus Erfahrungen mit ähnlichen Geräten auf die neue Bediensituation zu übertragen, etwa aus Erfahrungen mit anderen FIS oder mit Geräten, an welchen die gewünschte Funktion auch ausgeführt werden kann, z.B. einem Computer oder einem Mobiltelefon. Für die Untersuchung mentaler Modelle, welche während der Bedienung eines FIS gebildet werden, empfiehlt es sich also, die Vorerfahrung einer Person mit anderen technischen Geräten ebenfalls zu beachten, sofern sie für einen Wissenstransfer relevant erscheinen. Je nach dem, wie ähnlich die Bedienabläufe des zu bedienenden FIS den Bedienabläufen dieser anderen Geräte sind, wird der Transfer des dort erworbenen schematischen Wissens mehr oder weniger erfolgreich und damit mehr oder weniger nützlich für die Bedienung des FIS sein. Möglicherweise passen Funktionsweise und Bedienabläufe des zu bedienenden FIS gut zu dem aktivierten Wissen des Benutzers, dann wird sein Bild davon, was als nächstes zu tun ist, mit der tatsächlichen Funktionsweise des Systems übereinstimmen. Wenn allerdings Funktionsweise und Bedienabläufe des Systems dem aktivierten Schema widersprechen, wird ein inadäquates mentales Modell gebildet, welches von den tatsächlichen Gegebenheiten des Systems abweicht. Wenn die Vorstellung davon, was als nächstes zu tun ist, nicht der tatsächlichen Funktionsweise entspricht, so wird aus dieser Vorstellung eine ungeeignete Handlung abgeleitet, welche nicht zum gewünschten Ziel führt und es entstehen Fehler. Fehlbedienungen können demnach Anzeichen sein für eine Abweichung zwischen mentalem Modell und tatsächlichem System, denn an einer solchen Stelle trifft eine Erwartung des Benutzers in Bezug auf die Funktionsweise des Systems nicht zu. Ähnlich beschreibt die Bedienung eines technischen Gerätes auch der Ansatz der *yoked state space hypothesis* (Payne, Squibb & Howes, 1990). Die mental repräsentierte Zielstruktur des Benutzers (*goal space*) wird mit dem System (*device space*) abgeglichen und dabei ein Weg gefunden, bestehende Bedienziele mit den von Seiten des Systems verfügbaren Operationen umzusetzen. Je besser die Passung, desto fehlerfreier die Bedienung. An der Art des Fehlers lässt sich analysieren, welche Erwartung ein Benutzer an der Stelle, wo der Fehler passierte, an den Bedienablauf hatte. Die Rolle von Fehlern für die Analyse der mentalen Modelle wird in Abschnitt 2.3.1.3 weiter ausgeführt.

Das schematische Wissen einer Person wird mit häufigerer Benutzung verschiedener Aufgaben an unterschiedlichen Geräten nach und nach um neue Funktionen und/ oder um Merkmale bis dahin unbekannter Geräte erweitert. Auch abweichende mentale Modelle,

unrichtige Vorhersagen über den Systemzustand und Fehlbedienungen sind dabei Auslöser für Veränderungen der Wissensbasis (vgl. u.a. Kleer & Brown, 1983; Holland, Holyoak, Nisbett & Thagard, 1986; Kluwe & Haider, 1990). Dabei werden neue Wissensstrukturen aufgebaut, bestehende, weiterhin zutreffende Wissens Elemente gestärkt und falsche Anteile abgebaut (Totzke, Meilinger & Krüger, 2003). Um mentale Modelle zu vergleichen, welche unterschiedliche Personen für das gleiche Gerät oder die gleiche Bediensituation aus ihren Vorerfahrungen ableiten, empfiehlt es sich daher insbesondere, die Vorerfahrungen dieser Personen mit diesem speziellen Gerät zu kontrollieren, um sicherzustellen, dass ihre Wissensbasis nicht bereits an das neue Gerät angepasst wurde.

Immer wieder wird in der Literatur bemängelt, dass es bisher kein deutliches Bild davon gibt, welchen Inhalt mentale Modelle haben. Diese Arbeit soll zu einem besseren Verständnis dessen beitragen, welche mentalen Modelle Benutzer bei der Bedienung von FIS bilden. Diese Erkenntnisse werden später genutzt, um die Bedienabläufe entsprechend den Benutzererwartungen zu gestalten.

Da mentale Modelle kontextabhängig sind, ist es erforderlich, sie in demjenigen Kontext zu untersuchen, in welchem sie gebildet und eingesetzt werden. In dieser Arbeit wird daher in allen Studien ein authentischer Versuchsaufbau verwendet, in welchem Benutzer an einem realen Fahrerinformationssystem konkrete Bedienaufgaben lösen. Kurze Szenarien beschreiben das jeweilige Bedienziel (vgl. Abschnitt 3.1.3.1).

## **2.2 Abstraktionslevel für die Analyse und Darstellung mentaler Modelle**

Im vorangehenden Unterkapitel wurde dargelegt, welche Rolle mentale Modelle bei der Bedienung eines FIS spielen. Ein System soll so gestaltet sein, dass Benutzer an den verschiedenen Stellen im Bedienablauf einer Bedienaufgabe passende Bedienhandlungen ausführen. Dies ist dann der Fall, wenn die an den einzelnen relevanten Stellen des Bedienablaufes gebildeten handlungsleitenden mentalen Modelle der tatsächlichen Funktionsweise des Systems entsprechen. Welches sind nun aber die „relevanten Stellen“, an denen gebildete mentale Modelle auf ihre Angemessenheit untersucht werden sollten? In Beantwortung dieser Frage erfolgt in dieser Arbeit eine Untergliederung jeder Bedienaufgabe in handlungspsychologisch definierte Einheiten, entsprechend denen die Erwartungen der Benutzer auf ihre Übereinstimmung mit den tatsächlichen Gegebenheiten des Systems hin analysiert werden. So wird ein Abstraktionslevel für die Ermittlung und Analyse der mentalen Modelle definiert, welches es erlaubt, die handlungsentscheidenden Erwartungen mit dem System abzugleichen.

Der Gedanke des Abgleichs zwischen Benutzerwissen und Systemverhalten findet sich häufig in der Forschung zu Mensch-Maschine-Interaktion. Um benutzerfreundliche Computerprogramme zu entwickeln, wurden in der Forschung zu *Human-Computer-Interaction* (HCI) zahlreiche Modelle entwickelt, welche die Interaktion zwischen Mensch und Computer auf Basis von Theorien formal abbilden und mit Mitteln der Künstlichen Intelligenz simulieren. Dabei werden unterschiedliche Abstraktionslevel angewendet. Ziel der HCI-Modelle ist es dabei, Erkenntnisse darüber zu erlangen, wie eine effektive Interaktion gestaltet sein sollte (vgl. Wilson, 2001). Häufig stand im Mittelpunkt des Interesses, welche von mehreren Bedienoberflächen es ermöglicht, eine bestimmte Aufgabe am schnellsten auszuführen. Allen Ansätzen ist gemeinsam, dass sie die Interaktion (sowohl auf der Seite des Menschen als auch auf der Seite des Computers) in Analyse-Einheiten unterteilen und so liefern sie wichtige Impulse für das Anliegen dieser Arbeit. Bedeutsam anzumerken ist, dass bei vielen dieser Modellierungen der Mensch-Rechner-Interaktion erheblicher Ergänzungsbedarf bezüglich der empirischen Validierung besteht (Wandke, 1992), viele Modelle wurden sogar nur anhand eines einzelnen Datensatzes getestet. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Modelle soll hier nicht erfolgen, sie findet sich bspw. bei Eberts (1994), Olson und Olson (1990), Pirolli (1999) und Wandmacher (1993).

Die Modellierungsansätze der GOMS-Familie (erste Arbeiten und spätere Überarbeitungen dazu von Card, Moran & Newell, 1983; Kieras, 1997; Kieras, 1988) gaben den Anstoß für viele Forschungsarbeiten. Sie haben zum Ziel, verschiedene Software-Versionen oder verschiedene Programme in Bezug auf die zur Bearbeitung bestimmter Aufgaben benötigte Zeit zu vergleichen. Es wird angenommen, dass Benutzer über ein mentales Abbild verfügen von der hierarchisch-sequentiellen Zielstruktur der zu bewältigenden Aufgabe (*goals*), von den kognitiven und motorischen Operationen (*operations*), die am Gerät ausgeführt werden können, von den Methoden, mit welchen Subziele erreicht werden können (*methods*, entsprechen Kombinationen von Operationen) und von den Regeln, nach welchen geeignete Methoden ausgewählt werden (*selections rules*). Analog der Suche in einem Problemraum arbeitet der Benutzer die Zwischenziele durch sequentielles Ausführen der geeigneten Operatoren nacheinander ab. Die Mensch-Computer-Interaktion wird simuliert, indem Zeiten, für die auszuführenden Operationen/ Methoden angenommen und addiert werden (*keystroke level model*, Card, Moran & Newell, 1980). So errechnen sich für unterschiedliche Systeme unterschiedliche Bedienzeiten, die verglichen und als Maß für die Benutzerfreundlichkeit des Programms herangezogen werden können. In der Erweiterung des GOMS-Ansatzes durch die *cognitive complexity theory* (Kieras & Polson, 1985) wird sowohl das benötigte Benutzerwissen, als auch das System in seinen Zuständen formal beschrieben und in einer Simulation umgesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass erstens das Benutzerwissen vollständig in Produktionsregeln be-

schrieben werden kann und zweitens bei allen Benutzern die gleiche Wissensbasis vorausgesetzt oder durch ein Manual induziert werden kann.

Wendet man eine GOMS-Analyse für die Interaktion mit einem Fahrerinformationssystem an, so lassen sich damit die Bedienzeiten für bestimmte Bedienvorgänge berechnen. Ein Beispiel für die eine komplette GOMS-Analyse der Bedienvorgänge an einem Navigationsgerät findet sich bei SAE International (2002). Bechstedt, Bengler und Thüring (2005) setzten eine GOMS-Analyse ein, um für ein Fahrerinformationssystem verschiedene Eingabe-Elemente zu vergleichen und kamen zu dem Schluss, dass sie nur eingeschränkt dazu geeignet ist, verschiedene Bedienparameter, wie z.B. den Gesamtaufwand der Bedienoperationen oder die mit der Bedienung einhergehende Beanspruchung vorherzusagen.

Eine GOMS-Analyse geht von geübten Benutzern/ Experten aus und beschreibt die „ideale“, fehlerfreie Vorgehensweise für den Fall, dass eine angemessene hierarchische Zielstruktur sowie effektive Methoden und Auswahlregeln für das Abarbeiten der Zielstruktur verfügbar sind. Sie setzt bei allen Benutzern die gleiche Wissensbasis voraus und beschreibt dabei weder Lernprozesse noch das Verhalten von Anfängern. Sie beachtet nicht, durch welches Verhalten falsche Handlungen entdeckt und korrigiert werden (Wandmacher, 1993). In den GOMS-Ansätzen wird nicht untersucht, wie tatsächliche Benutzer mit natürlich gewachsenem Wissen ein System bedienen und welche Teile ihres Wissens sie tatsächlich bei der Bedienung anwenden. Einige weitere Theorien zur Modellierung der Mensch-Computer Interaktion beachten und simulieren zwar Transferprozesse (z.B. *task action grammar*, TAG, Payne & Green, 1983; SOAR, Newell, 1990; *task action learner*, TAL, Howes & Young, 1996). Sie untersuchen jedoch ebenfalls nicht, mit welchem Wissen in den Lernprozess gestartet wird und welche Erwartungen an den Bedienablauf gebildet werden in Abhängigkeit von individuellem Vorwissen.

Insgesamt leisten die HCI-Modelle für diese Arbeit eine Grundlage dafür, wie Systemlogik und Benutzerwissen vergleichbar je formal beschrieben und damit zueinander in Beziehung gesetzt werden können. Jedoch sind die erwähnten Modellierungen nicht dazu ausgelegt, interindividuelle Differenzen oder Gemeinsamkeiten in der Wissensbasis oder den Erwartungen der Benutzer zu untersuchen. So kann die von den Autoren (Kieras & Polson, 1985) geforderte reine Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit eines Systems mit Hilfe einer Simulation, in der beide formalen Modelle gegeneinander gelegt und auf Unstimmigkeiten überprüft werden, nicht die gleichen Erkenntnisse bringen, wie eine Probandenuntersuchung und demnach nicht ausreichend sein. Stattdessen werden in dieser Arbeit Instrumente und Darstellungsformen der formalen Modellierung mit Usability-Parametern kombiniert, um empirisch gewonnene Daten zu analysieren und zu illustrieren.

Jede vollständige oder auszugsweise formale Beschreibung eines Systems erfordert eine Aufgabenanalyse und damit die Zerlegung der Aufgaben in einzelne Schritte oder Abschnitte. Für die Identifizierung von Teilzielen und die Unterteilung in Teilaufgaben werden in den GOMS-Ansätzen keine Kriterien genannt (Wandmacher, 1993). Die Aufgabe wird herunter gebrochen auf die kleinsten messbaren Einheiten, bis zu einzelnen Tastendrücken. Eine derart detaillierte Zerlegung scheint hier nicht angebracht, denn bei diesen Tastendrücken oder Operationen handelt es sich um unselbständige Bestandteile einer Tätigkeit, für welche kein eigenes, bewusstes Ziel formuliert wird (Hacker, 1986; Hacker, 1994b; Hacker, 1994a; Volpert, 1982). Es soll vielmehr eine bedeutsame, für die Analyse der mentalen Modelle geeignete Einteilung des Bedienablaufes vorgenommen werden, welche die relevanten handlungsleitenden Kognitionen abbildet. Als Grundlage für die Unterteilung der Bedienabläufe soll daher die Definition einer **Handlung** gelten, nach Hacker (ebd.) die kleinste psychologische, in sich geschlossene, zielgerichtete Einheit einer Tätigkeit, welche sich durch ein Ziel von anderen Handlungen abgegrenzt. Sie besteht aus einer oder mehreren **Operationen**.

Während der Interaktion mit einem menügesteuerten FIS wird das kleinste eigenständige Ziel innerhalb einer Bedienaufgabe durch das Auslösen der nächsten Menüfunktion<sup>3</sup> repräsentiert. Norman (1991) beschreibt eine Taxonomie folgender vier Menüfunktionen, welche aus Benutzersicht während der Interaktion mit einem menügesteuerten System wahrgenommen werden und welche auch die Basisfunktionen heutiger Menüs moderner FIS darstellen: Durch *pointing (moving to a new node)* wird ein nächster Verzweigungspunkt, z.B. eine nächste Menü-Ebene angesteuert, beispielsweise wenn durch schrittweise Auswahl ein Befehl näher spezifiziert wird. Durch *command control (executing a procedure)* wird eine Funktion des Gerätes ausgelöst. Durch *output (displaying information)* werden Informationen angezeigt. Ähnlich wie beim *pointing* geschieht die Anzeige von Informationen beim Durchblättern des Menüs, jedoch liegt der Fokus des Benutzers auf der ausgegebenen Information, weniger auf den dafür notwendigen Eingaben. Durch *input (data or parameter specification)* werden in das System einzugebende Daten spezifiziert.

Eine **Bedienhandlung** wird, aus den obigen Überlegungen folgend, in dieser Arbeit definiert als eine Sequenz von Operationen, welche zum Auslösen einer dieser vier Menüfunktionen nötig sind. Eine Bedienhandlung enthält mindestens eine, meist aber mehrere Operationen und hat das Ziel, die nächste Menüfunktion auszulösen und damit den aktuellen Systemzustand in bestimmter Weise zu verändern. Für jedes dieser Ziele bildet ein Benutzer Erwartungen darüber, wie er es erreichen kann. Eine derartige Unterteilung des

Bedienablaufes in Bedienhandlungen bildet die Zielstruktur einer Aufgabe ab und ermöglicht es so, genau diejenigen Punkte zu definieren, an denen sich ein Benutzer entscheidet, eine bestimmte Bedienhandlung auszuführen oder nicht. Genau an diesen Stellen sind die auf Grund der Systemmerkmale und des Vorwissens gebildeten mentalen Modelle wichtig, da genau die handlungsleitenden Kognitionen betrachtet werden können. Durch ihre Analyse kann man Erkenntnisse darüber erlangen, wie die Bedienoberfläche aussehen soll, um die an diesen Stellen bestehenden Erwartungen zu erfüllen. Die Bedienoberfläche soll es dem Benutzer ermöglichen, jede einzelne Bedienhandlung entsprechend seinen Erwartungen auszuführen.

Die Art und Anzahl der Operationen, aus welchen sich eine Bedienhandlung zusammensetzt, können je nach Bedienkonzept eines Systems sehr unterschiedlich sein. Zum einen gibt es innerhalb eines Systems je nach Menüsituation verschiedene Möglichkeiten, eine dieser Menüfunktionen auszulösen. Beispielsweise kann ein neuer Verzweigungspunkt, z.B. ein Untermenü, durch eine Auswahl eines Menüpunktes aus einer Liste aufgerufen werden, ein anderer durch Drücken einer direkt zugeordneten Taste. Zum anderen unterscheiden sich verschiedene Systeme darin, wie diese Menüfunktionen ausgelöst werden. Ein System mag die Eingabe von Buchstaben über Tasten erlauben, während in einem anderen System dazu ein spezielles Menü (*Speller*) verwendet wird. Der beschriebenen Unterteilung folgend werden in dieser Arbeit Sets von möglichen Bedienhandlungen für die verwendeten Systeme ermittelt, auf deren Grundlage in Studien A und B Aufgabenanalysen durchgeführt werden (vgl. Abschnitt 3.2.1).

Alternativ zu dieser Einteilung des Bedienablaufes nach kleinstmöglichen Unterzielen wäre auch eine Klassifizierung der Bedienhandlungen nach anderen Kriterien denkbar. Innerhalb seines *IFIP-Modells* eines Mensch-Maschine-Systems (Dzida, 1983; Dzida, 1987; Dzida, 1988) unterscheidet Dzida (1988) für die Interaktion mit dem menügesteuerten Arbeitsgerät die Dialogformen Display-bezogenen Dialog und Aufgaben- bzw. Daten-bezogenen Dialog. Entsprechend dieser Unterscheidung könnte man jede Bedienoperation danach klassifizieren, ob sie lediglich Auswirkungen auf der Ebene der Display-Darstellung hat (z.B. Cursorposition verändert sich, Untermenü öffnet sich) oder tatsächlich eine Funktion auslöst (z.B. Verstellen eines Parameters, Löschen von Daten). Bei dieser Klassifizierung allein ginge jedoch die Zielstruktur einer Aufgabe verloren und eine differenzierte Aufgabenanalyse wäre nicht möglich. So erfolgt in dieser Arbeit keine di-

---

<sup>3</sup> Der Begriff "Menüfunktion" ist gemeint i. S. Normans als Auswahl des nächsten Menüpunktes, bzw. Betätigen der nächsten Taste

rekte Zuordnung der gefundenen Bedienhandlungen zu den von Dzida definierten Dialogformen.

Zur Aufgabenanalyse auf Basis der oben vorgenommenen Definition einer Bedienhandlung werden in dieser Arbeit auf der Grundlage der Geräte selbst (Systembetrachtung) und der technischen Spezifikationen des Herstellers (Dokumentenanalyse) die im jeweiligen System implementierten Bedienabläufe für die Bearbeitung verschiedener Bedienaufgaben identifiziert. Für jede Aufgabe wird ein **Soll-Bedienablauf** als Abfolge von Bedienhandlungen und Systemzuständen erstellt, welcher alle zur Erfüllung dieser Aufgabe nötigen Schritte abbildet. Die zur Lösung einer Bedienaufgabe erforderlichen Bedienhandlungen werden als **Soll-Bedienhandlungen** bezeichnet und können direkt mit den zur Ausführung dieser Aufgabe erwarteten Bedienhandlungen verglichen werden. Durch Ausführen einer Bedienhandlung wird jeweils ein nächster Systemzustand erreicht.

Die formale Beschreibung der Soll-Bedienabläufe der in dieser Arbeit verwendeten Systeme erfolgt in Form eines **konzeptuellen Modells**, welches die Abläufe und Funktionszusammenhänge eines Systems schematisch abstrahiert darstellt (vgl. Abschnitt 3.2.1). Zur Visualisierung des konzeptuellen Modells werden Status-Übergangs-Diagramme verwendet, welche zur Darstellung von Systemabläufen geeignet sind, insofern keine parallelen Dialogabläufe dargestellt werden sollen (Bullinger, Fähnrich & Janssen, 1996).

Carroll und Olson (1988) und Olson (1987) empfehlen *Generalized Transition Networks*, um Abläufe auf Systemseite und Benutzerwissen darzustellen. Auch hierbei handelt es sich um Status-Übergangs-Diagramme, die jeweils die sichtbaren Systemzustände als Knoten repräsentieren und des Benutzers mögliche Aktionen, um zwischen den Systemzuständen zu wechseln, als Bögen zwischen den Knoten. Rautererg (1995) benutzt Darstellungsform und Parameter der allgemeinen Netz-Theorie (Petri, 1980), um die Mensch-Rechner-Interaktion zu modellieren und darzustellen. Mit Hilfe dieser Petri-Netze werden die möglichen Systemzustände und Benutzeraktionen dargestellt, die Komplexität des Benutzerwissens ermittelt und basierend darauf Lernprozesse während der Bedienung simuliert.

Anders als in diesen beiden Ansätzen, besteht in dieser Arbeit nicht das Ziel, das System vollständig in all seinen Zuständen abzubilden. Stattdessen wird für jede zu untersuchende Aufgabe ein Status-Übergang-Diagramm erstellt, welches den Soll-Bedienablauf dieser Aufgabe zeigt. Dieses konzeptuelle Modell jeder Aufgabe wird Grundlage sein für den Vergleich des konzeptuellen mit den mentalen Modellen, welche Benutzer bei dieser Aufgabe bilden. Denn ermittelt man die relevanten Aspekte der mentalen Modelle (vgl. Unterkapitel 2.3) in geeigneter Weise, so lassen sich die erwarteten Bedienabläufe sogar in vergleichbarer Form grafisch darstellen (vgl. Abschnitte 3.2.3.4 und 3.2.3.5).

Ein konzeptuelles Modell ist nach Sasse (1997), bzw. nach Norman (1983; 1989; 1999) das Modell des Entwicklers/ Forschers vom System. Es entspricht dem *Design- und Instruktions-Modell DIM(S)*, welches „der Ausbildung von Operateuren und der Instruktion von Nutzern zugrunde gelegt“ werden kann (Kluwe & Haider, 1990, S. 129). Basiert man eine Schulung für Benutzer eines Systems auf einem konzeptuellen Modell, so lässt sich das Verständnis der Benutzer für Systemabläufe verbessern, indem man die mentalen Modelle der Benutzer in Richtung des konzeptuellen Modells verändert (z.B. Kieras & Bovair, 1984; Tschöpe & Nitsche, 2002; Van der Veer & Wijk, 1991). Anders als in diesen Trainingsstudien soll das Ziel in dieser Arbeit sein, im Abgleich von erwarteten und tatsächlichen Bedienabläufen von den Erwartungen abweichende Bedienabläufe zu finden und diese dann den Erwartungen anzupassen.

### **2.3 Identifizierung relevanter Aspekte von mentalen Modellen für die Gestaltung von Bedienabläufen**

Für FIS werden grafische, menügesteuerte Benutzeroberflächen eingesetzt, welche sich als vorteilhaft gegenüber anderen, simpleren Oberflächen erwiesen haben. Sie unterstützen kognitive Prozesse des Benutzers in allen vier Phasen der Handlungssteuerung: Formulierung der Absicht, Auswahl der Handlung, Ausführung der Handlung und Erfolgskontrolle (Norman, 1984). Die Überlegenheit grafischer, menübasierter Benutzeroberflächen von Computerprogrammen gegenüber Benutzeroberflächen, bei welchen Benutzer z.B. Befehle direkt über die Tastatur eingeben müssen, wurde schon früh darauf zurückgeführt, dass sie die Bildung eines mentalen Modells erleichtern (Bayman & Mayer, 1983).

Doch eine grafische Darstellung und eine Steuerung über ein Menü allein garantieren noch nicht, dass tatsächlich adäquate mentale Modelle gebildet werden können. Um die Bildung erfolgreicher mentaler Modelle zu erleichtern, sollte ein FIS vielmehr so konzipiert sein, dass Menschen ihr Vorwissen, welches sie an anderen Geräten erworben haben, einsetzen können. So kann die Bedienung in möglichst vielen Fällen möglichst fehlerfrei und ohne Umwege erfolgen, da so der Dialog selbst mit dem Gerät die mentale Kapazität des Benutzers nur minimal beansprucht (vgl. Hacker, 1994b, S. 84 u. 86). Laut EN ISO 9241-10 (1996) ist als Benutzermerkmal „das mentale Modell des Benutzers von der zugrunde liegenden Struktur und dem Zweck des Dialogsystems“ (S. 3) bei der Dialoggestaltung für Bildschirmgeräte zu berücksichtigen.

Bisher ist allerdings nicht bekannt, welches Vorwissen Menschen aktivieren bei der Bedienung eines FIS und welche mentalen Modelle sie während der Bedienung genau bilden. So bleibt es den Entwicklern eines Systems überlassen, die Menüstruktur und damit die Reihenfolge der Bedienschritte, sowie weitere Details festzulegen. Das Bild, welches Sys-



mententwickler sich von den mentalen Modellen von Benutzern machen, ist dabei häufig abhängig von den Vorstellungen und Interpretationen des jeweiligen Entwicklers und kann zwischen verschiedenen Entwicklern variieren. Für den Entwicklungsprozess wäre es eine große Hilfe, mehr Informationen darüber zu haben, welche die generellen Erwartungen von Benutzern an eine FIS-Bedienoberfläche sind. Für die Ableitung von Gestaltungsempfehlungen ist es insbesondere wichtig, diejenigen Erwartungen zu kennen, welche für die Mehrheit der Benutzer übereinstimmen und welche unabhängig von einem speziellen Bedienkonzept sind und somit für FIS im Allgemeinen gelten. Darauf wird im Folgenden näher eingegangen.

### 2.3.1 Merkmale von systemübergreifenden mentalen Modellen

Wenn ein Benutzer allgemeines Wissen über Bedienabläufe anwenden kann, welches er schon zuvor unabhängig von diesem speziellen Gerät erworben hat, ist die Bedienung dieses Gerätes für ihn leichter und leichter erlernbar, denn er kann sich ein besseres mentales Modell vom System machen. "If the new user can apply device-independent knowledge, the new system will be easy to learn. If the design of the new device entails a large amount of device-dependent knowledge [...], then the device will be relatively hard to learn" (Kieras & Polson, 1985, S. 367).

In der Praxis wird bei der Entwicklung der Bedienoberfläche für ein System oft zuerst über das äußere Design inklusive der verfügbaren Bedienelemente und über Grundzüge der Menüstruktur entschieden. Nachdem feststeht, über welche Funktionen und Bedienelemente das Gerät verfügen soll, wird dann das Menü genauer festgelegt. Dabei müssen in geeigneter Weise Bausteine für das Menü definiert werden und es muss festgelegt werden, auf welche Art und Weise das Menü mit den vorhandenen Bedienelementen gesteuert werden soll. Die Funktionen müssen in geeigneter Weise im Menü angeordnet werden und geeignete Bezeichnungen für die Funktionen festgelegt werden.

Von welchen Gestaltungsaspekten aber ist es abhängig, ob ein adäquates (zumindest funktionales) mentales Modell gebildet werden kann oder nicht, ob also ein Benutzer sein Vorwissen nutzen kann oder nicht? Auf welche Eigenschaften des Systems beziehen sich die Erwartungen von Benutzern? Welche Systemmerkmale kann man daher verallgemeinern und für alle FIS fordern? Auf der Suche nach Bedienprinzipien, welche sich für FIS durchgesetzt haben, welche so eine Art Allgemeingültigkeit bereits erlangt haben, sollen die folgenden Überlegungen weiterhelfen.

### 2.3.1.1 Mapping zwischen Bedienelementen und Menü

Ein wichtiger Aspekt bei der Bedienung von FIS (und von technischen Geräten allgemein) ist die Verknüpfung zwischen der Betätigung von Bedienelementen und deren Auswirkung im Menü, für welche Norman (1989; 1999) den Begriff *mapping* verwendet. Bei einem guten **Mapping** werden z.B. räumliche Analogien verwendet, um die Funktionsweise einer Taste gut im Menü darzustellen. Die Beachtung der Gestaltgesetze und kultureller Konventionen trägt ebenfalls zu einem guten Mapping bei. Ein gelungenes Mapping ermöglicht es dem Benutzer, ein passendes mentales Modell davon zu entwickeln, welche Auswirkungen die Betätigungen verschiedener Tasten im Menü haben, ohne eine Anleitung zu Rate zu ziehen. „...das richtige natürliche Mapping erfordert keine Diagramme, keine Aufschriften, keine Anweisungen“ (Norman, 1989, S. 95). Wenn sich ein zu steuerndes Menü-Element (bspw. der Cursor) bei Betätigung einer Taste entsprechend der Benutzer-Erwartung verhält (sich bspw. in die erwartete Richtung bewegt), so ist dies einer fehlerfreien Bedienung förderlich und die Benutzung des Gerätes ist leichter erlernbar.

Bestimmte Verknüpfungen zwischen einem Bedienelement und seiner Auswirkung haben Benutzer im Laufe ihrer Erfahrung erlernt, so z.B. dass die Betätigung von Pfeiltasten in einem menügesteuerten System den Cursor in die Richtung des Pfeils bewegt. Einige Mappings sind sehr weit, über Domänengrenzen hinaus, verbreitet. „So sind es beispielsweise allgemein anerkannte Prinzipien, dass die Rechtsdrehung eines Knopfes mit einer Wertzunahme einhergeht“ (Gerdes, 2000, S.35). Ein anderes Prinzip, welches weite Verbreitung erfahren hat, ist z.B. die Verwendung von Drehschaltern für die Lautstärke.

Bedient eine Person ein menügesteuertes Gerät, insbesondere eines, welches sie noch nie zuvor bedient hat, so erwartet sie, an der Beschaffenheit der Bedienelemente und des Menüs erkennen zu können, welche Bedienelemente welchen Elementen im Menü zugeordnet sind und welche Auswirkungen die Betätigung verschiedener Tasten hat (Mapping). Sie bildet auf Grund ihrer Erfahrungen mit anderen Systemen und der Merkmale des aktuellen Systems mentale Modelle darüber, wie das Menü gesteuert wird. Ein Aspekt der mentalen Modelle von Benutzern wird sich also darauf beziehen, welche Auswirkungen Bedienelemente im Menü haben, wie also Bedienelemente betätigt werden müssen, um bestimmte Effekte im Menü zu erreichen. Ein Mapping, welches den Erwartungen widerspricht, wenn also die Bewegung einer Taste nicht die erwartete Auswirkung hat, wird zu Fehlbedienungen führen. Um herauszufinden, welche Erwartungen von Benutzern sich auf spezifische Systemmerkmale beziehen und welche davon unabhängig sind, und um auf Grund von Fehlerursachen Schlussfolgerungen für allgemeine Gestaltungsempfehlungen zu ziehen, wurden in dieser Arbeit mentale Modelle danach beurteilt, ob sie sich auf

das Mapping zwischen Bedienelementen und ihren Auswirkungen beziehen oder nicht (vgl. auch Abschnitte 2.3.1.3 und 3.2.3.6).

### *2.3.1.2 Orientierung an Menüstruktur und Menüpunkt-Bezeichnungen*

Zwei weitere Aspekte, auf welche sich mentale Modelle von Benutzern beziehen, die Menüstruktur und die Qualität der Menüpunkt-Bezeichnungen, sind in ihrer Auswirkung auf die Bedienleistung an unterschiedlichen Systemen intensiv erforscht worden. Einen wichtigen Beitrag leistete hier unter anderem die Forschung zum Einfluss von Menüpunkt-Bezeichnungen und Menüstruktur auf die Navigation in Hypertexten bzw. Internetseiten und anderen strukturierten Informationsräumen.

In zahlreichen Studien lag der Fokus zunächst darauf, bei welcher Menüstruktur die beste Leistung gezeigt wird (vgl. z.B. Jacko, Salvendy & Koubek, 1995; Miller, 1981; Snowberry, Parkinson & Sisson, 1983; Zaphiris & Mtei, 1997). Dabei wurden die Anzahl der Menü-Ebenen (=Menütiefe) und die Anzahl der Optionen pro Ebene (=Menübreite) variiert und angenommen, dass eine bestimmte Beschaffenheit der Menüstruktur es ermöglicht, schnell ein adäquates Modell vom Informationsraum zu bilden (Straub & Schaffer, 2003). Das Interesse lag darin, die eine optimale Menüstruktur zu finden, die Befunde waren jedoch zunächst wenig einheitlich:

Frühe Studien kamen zu dem Schluss, dass die schon lange als Gedächtnisspanne bekannte Zahl von sieben plus/ minus zwei (Miller, 1956) die ideale Anzahl an Menüpunkten auf einer Ebene darstelle (Miller, 1981). Später setzte sich die Ansicht durch, dass breite, flache Menüs eine gute Performanz in Hypertext-Menüs bewirken (Larson & Czerwinski, 1998; Zaphiris & Mtei, 1997; Zaphiris, 2000). So fasst Bailey (1999) sogar zusammen, die neue „magische Zahl“ (S.1) für die Anzahl an Menü-Ebenen sei zwei. Bernard (2002) brachte den Aspekt der Menü-Form auf und zeigte, dass eine konkave Form eines Menüs (oben und unten breite Menüs, dafür in der Mitte schmal) zur besten Leistung führe. Die Anordnung und Abfolge von Menüpunkten beeinflusst also die Bedienleistung. Allerdings ergaben sich auch Befunde dazu, dass Effekte der Menüstruktur sich je nach Aufgabenstellung unterschiedlich auswirken. Wird beispielsweise ein wörtlich benanntes Objekt gesucht, so spielt die Menüstruktur eine weniger große Rolle als bei einem indirekt beschriebenen Target. Indirekt beschriebene (=nicht wörtlich benannte) Targets werden außerdem insgesamt besser gefunden als explizit bezeichnete (Norman & Chin, 1988; Bernard, 2002; Norman & Chin, 1988). Die Struktur eines Menüs kann also nicht die allein bestimmende Größe des Bedienerfolgs sein (Straub & Schaffer, 2003). Beispielsweise fanden Chae und Kim (2004), dass die Strukturierung der Informationen auf der Anzeige

besonders bei Geräten mit kleinem Display wichtig ist. Dies führt zur Betrachtung des Einflusses weiterer System-Eigenschaften auf die Bedienleistung.

Die Ergebnisse von Bernard (2002) und Norman und Chin (1988) legen nahe, dass außer der Struktur des Menüs auch die Bezeichnungen von Menü-Elementen für eine erfolgreiche Bedienung entscheidend sind. Schon Payne et al. (1990) zitieren eine ihrer Untersuchungen, in der Bezeichnungen von Funktionen in einem Textverarbeitungsprogramm Einfluss hatten auf das mentale Modell, welches Benutzer sich von verschiedenen Funktionen des Programms bildeten. In dieser Untersuchung erwies sich die Bezeichnung „store“ als geeigneter als „copy“.

Tatsächlich zeigte sich, dass der Einfluss der Menüstruktur auf die Bedienleistung abhängt von der Qualität der Menüpunkt-Bezeichnungen (z.B. Miller & Remington, 2002): Bei eindeutigen Begriffen war ein tieferes Menü besser geeignet, während bei uneindeutigen Begriffen ein flacheres Menü zu besseren Leistungen führte. Für die Navigation im Internet fanden Miller und Remington (2000) einen klaren Interaktionseffekt zwischen Menüpunkt-Bezeichnungen und Menüstruktur und bildeten diesen mittels eines *computational model* in einer Simulation erfolgreich nach.

Aus den erwähnten Befunden wird deutlich, dass Benutzer eines Systems sich in ihrem Bedienverhalten auf dem Weg zu einem gesuchten Menüpunkt mit Hilfe ihrer bisherigen Erfahrungen sowohl an den Bezeichnungen, als auch an der Struktur im Menü orientieren. Aus Bezeichnungen und Struktur ermitteln die Benutzer Informationen über die Lage einer Funktion oder eines Menüpunktes im Menü und folgen so einer so genannten Informationsfährte (*information scent*) durch das Menü (Pirolli, 1997; Pirolli & Card, 1998). Entsprechen Bezeichnung und/ oder Struktur nicht den Erwartungen der Benutzer, so folgen sie einer falschen Fährte, welche sie nicht ans Ziel bringt.

Die Qualität der Bezeichnungen ist für eine erfolgreiche Navigation im Internet unter bestimmten Bedingungen sogar wichtiger als die Struktur. Dies fanden Resnick und Sanchez (2004), als sie in einer Untersuchung Produkte eines Internet-Shops nach unterschiedlichen Strukturierungs-Kriterien anordneten und mit unterschiedlich guten (eindeutigen) Bezeichnungen versahen. Bei eindeutigen Bezeichnungen hatte die Anordnungsweise der Produkte keinen Einfluss auf Bedienleistung und Zufriedenheit der Benutzer. Die Anordnung spielte nur eine Rolle bei schlechter Qualität der Bezeichnungen. Anzumerken bleibt hier, dass bei beiden verwendeten Anordnungs-Kriterien sinnvolle Strukturen entstanden. Bei einer völlig wahllosen, sinnfreien, ungeordneten Anordnung der Produkte würden wohl auch Bezeichnungen mit hoher Qualität allein nicht ausreichen, um ein Produkt zu finden.

Es lässt sich das Fazit ziehen, dass gute Bezeichnungen bis zu einem gewissen Maße Mängel in der Menüstruktur ausgleichen können (vgl. Straub & Schaffer, 2005). Viele Ge-

gestaltungsempfehlungen beziehen sich daher hauptsächlich auf Änderungen an Menüpunkt-Bezeichnungen (z.B. Schröder & Ziefle, 2005).

In dieser Arbeit soll unter **Menüstruktur** die hierarchische Anordnung von Menüpunkten auf verschiedenen Ebenen verstanden werden. Auch Querverbindungen zwischen tiefer liegenden Menü-Ebenen sind in der Struktur festgelegt. Mit der Menüstruktur eines Systems werden Funktionen gruppiert und einem Oberbegriff zugeordnet. Gleichzeitig wird durch die Menüstruktur auch die Reihenfolge der Bedienschritte bei der Verfolgung eines bestimmten Bedienzils festgelegt. Ein nächster Schritt erfolgt meistens zu einer hierarchisch untergeordneten Menü-Ebene, teilweise auch entlang einer Querverbindung. Beim Festlegen der Menüstruktur sollten demnach sowohl die begrifflich-hierarchischen Beziehungen im Vorwissen von Personen beachtet werden als auch die mentalen Repräsentationen über den typischen Bedienverlauf einer Aufgabe, so dass die Umsetzung eines Handlungsplans möglich ist. Durch die **Bezeichnung** einer Funktion findet eine Zuordnung statt zwischen der Funktion und dem Menü-Element. Sie kann als Text oder als Symbol oder als eine Kombination aus beidem erfolgen. In jedem Fall sollte die Bezeichnung eines Menüpunktes so gewählt werden, dass sie eindeutig mit der gemeinten Funktion in Verbindung gebracht wird.

Es ist davon auszugehen, dass Personen im Laufe ihrer Erfahrung mit technischen Geräten schematisches Wissen sowohl über Begriffsrelationen und damit über Menüstrukturen, als auch über Zuordnungen von Bezeichnungen und Funktionen erworben haben und daraus Erwartungen an das System ableiten. Bei der Navigation im Menü orientieren sie sich also an Begriffen und Merkmalen der Struktur, die möglichst gut mit ihrem schematischen Wissen übereinstimmen. Der genaue Wortlaut der auszuwählenden Menüpunkte ist den Personen meist nicht bekannt, vielmehr ist davon auszugehen, dass sie auf Basis ihrer assoziativen Verknüpfungen gebildete, subjektive Wahrscheinlichkeitswerte einsetzen, um zu beurteilen, welcher Menüpunkt sie an einer bestimmten Stelle ihrem Ziel näher bringt (Norman, 1991). Es besteht die Gefahr, dass nicht alle Menüpunkte geprüft und dann tatsächlich der am besten passende gewählt wird, sondern die Suche bei einem einigermaßen gut übereinstimmenden Element abgebrochen wird, welches mit einer ausreichend hohen Wahrscheinlichkeit zum Erfolg führt (*satisficing*) (ebd.). Die Übereinstimmung von Menüpunkt-Bezeichnungen ist besonders auf oberster Menü-Ebene wichtig, da aus Fehlern auf der obersten Ebene die meisten Folgefehler resultieren können (Larson & Czerwinski, 1998). Die Menüstruktur und die Menüpunkt-Bezeichnungen sind demnach zwei weitere Aspekte der Benutzererwartungen, mit welchen die Gegebenheiten des zu bedienenden Systems übereinstimmen sollten. Im positiven Fall, also bei guter Passung mit dem mentalen Modell, führen die Menüpunkt-Bezeichnungen, die Menüstruktur und

das Mapping zwischen Bedienelementen und Menüdarstellung eines FIS zu einer effizienten Bedienung und zur Zufriedenheit der Benutzer. Entsprechen jedoch Bezeichnungen, Struktur und/ oder Mapping nicht den Erwartungen der Benutzer, können sie Ursache für Fehler und Unzufriedenheit sein.

Um zu erfahren, ob bestimmte Benutzererwartungen unabhängig von spezifischen Systemmerkmalen sind und um alternative Gestaltungsmöglichkeiten abzuleiten, wurde in dieser Arbeit analysiert, ob und welche Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und Systemabläufen auf Menüpunkt-Bezeichnungen und/ oder Menüstruktur zurückzuführen sind (vgl. auch Abschnitte 2.3.1.3 und 3.2.3.6).

### *2.3.1.3 Identifizierung systemübergreifender Merkmale von mentalen Modellen mittels Fehleranalyse*

Wenn während der Bedienung eines Fahrerinformationssystems ein Teil oder der gesamte Bedienablauf nicht mit dem mentalen Modell des Benutzers übereinstimmt, so werden Bedienhandlungen ausgeführt, welche den Benutzer nicht an sein Ziel führen. Um eine solche Fehlbedienung zu korrigieren, werden zusätzliche Bedienhandlungen nötig. Werden an einer Stelle im Menü viele unnötige Bedienhandlungen ausgeführt, so kann dies also ein Zeichen dafür sein, dass an eben dieser Stelle mentales Modell und System nicht miteinander übereinstimmen. Allerdings sind nicht alle überflüssigen Bedienhandlungen auf ein vom System abweichendes mentales Modell zurückzuführen. Nur solche überflüssigen Bedienhandlungen lassen Rückschlüsse auf ein abweichendes mentales Modell zu, welche nicht durch motorische oder Aufmerksamkeitsdefizite entstanden sind oder gar absichtlich vom Benutzer zu einem bestimmten Zweck außerhalb der Bedienung ausgeführt wurden. Um mehr über die Fehler verursachenden Systemmerkmale zu erfahren, ist es daher sinnvoll, nur solche Fehlbedienungen auf ihre Ursachen in der Bedienoberfläche des Systems zu untersuchen, welche tatsächlich auf ein abweichendes mentales Modell zurückzuführen sind.

Zur Klassifikation von Fehlern finden sich in der Literatur unterschiedliche Herangehensweisen. Frese und Zapf (1991) verwenden das Konzept des Fehlers als *mismatch*, also als Nicht-Passung zwischen Mensch und System und leiten daraus Konsequenzen unter anderem für die Software-Gestaltung ab. Sie ermittelten durch Beobachtung Fehler bei der Computerarbeit und erstellten daraus eine Fehlertaxonomie, die ihre theoretischen Grundlagen in der Handlungsregulationstheorie (Hacker, 1986) und in der Einteilung von Handlungsphasen (z.B. Heckhausen, 1989) hat. Eine Fehlbedienung wird auch in dieser Arbeit als *mismatch* angesehen. Die Taxonomie von Frese und Zapf (1991) erscheint für die vorliegende Arbeit jedoch als zu differenziert, denn für die Analyse der Fehlerursache

im System erscheint es nicht relevant, welcher Handlungsphase die Fehlbedienung zuzuordnen ist.

Hellier, Edworthy und Lee (2001) basieren ihre Fehlereinteilung auf einer Aufgaben- und Dokumentenanalyse und auf einer Analyse von Denkprotokollen. Sie benennen für jeden Aufgabenabschnitt mögliche Fehler, die auftreten können und erreichen so einen konkreteren Bezug der Gestaltungsempfehlungen zu der entsprechenden Situation. Für jeden potentiell auftretenden Fehler werden Gestaltungsvorschläge zur Verringerung seiner Auftretenswahrscheinlichkeit gemacht. Die Fehler werden beurteilt nach der Einteilung von Swain und Guttman (1983) in *errors of commission* und *errors of omission*. Des Weiteren wird die Unterteilung der Regulationsebenen nach Rasmussen (1983) in *skill-based*, *rule-based* und *knowledge-based* beachtet. Diese beiden Theorien werden lediglich zur deskriptiven Erklärung der Ursachen für die Fehler herangezogen. Für jeden Fehler wird beschrieben, welcher Fehlerart und welcher Regulationsebene er zuzuordnen ist. Ein Fehler wird dabei aber nicht einer Ebene oder einer Fehlerart eindeutig zugeordnet, sondern kann je nach Situation zu dieser oder jener Fehlerart/ Regulationsebene gehören oder Anteile von mehreren enthalten. Es entsteht also kein Kategoriensystem, in das die verschiedenen Fehler eingestuft werden und die Einteilung wird auch nicht der Ableitung von Gestaltungsvorschlägen zu Grunde gelegt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass jeder auftretende Fehler theoretisch erklärt wird, die Gestaltungsvorschläge aber situativ angepasst sind.

In der vorliegenden Arbeit werden Bedienfehler analysiert, welche durch eine Abweichung zwischen mentalem Modell und tatsächlichen Gegebenheiten eines FIS entstehen, mit dem Ziel, daraus Rückschlüsse zu ziehen auf die systemübergreifenden Anteile der mentalen Modelle. Flüchtigkeitsfehler, die auf Mängel in der Überwachung der Handlungsausführung zurückzuführen sind (*slips* und *lapses* nach Reason, 1990), werden unbeachtet gelassen und gezielt herausgefiltert (vgl. Abschnitt 3.2.3.2), womit der Aspekt der Regulationsebene wie in den zuvor erwähnten Arbeiten mit in die Analyse einbezogen wird. Ähnlich wie in der Arbeit von Hellier et al. (2001) wird dabei jede aufgetretene Fehlbedienung einzeln beurteilt. So kann die gleiche Fehlbedienung bei einem Probanden als Flüchtigkeitsfehler, bei einem anderen aber als gezieltes Handeln entstanden sein. Es erfolgt weiterhin eine Unterteilung dahingehend, ob einer Fehlbedienung ein konkretes mentales Modell zu Grunde liegt oder nicht. Wenn ein Benutzer an einer Stelle einen Bedienfehler macht, weil er eine konkrete (aber unzutreffende) Vorstellung davon hat, wie er sein nächsten Bedienziel erreicht, so liefert dies einen eindeutigen Hinweis, wie die Bedienoberfläche an dieser Stelle verbessert werden könnte. Wenn allerdings ein Benutzer keine konkrete Erwartung bezüglich der nächsten Bedienhandlung hat, wird er ausprobieren

und *trial and error* Verhalten zeigen. Aus Fehlbedienungen, welche auf *trial and error* Verhalten und damit auf das Fehlen eines konkreten mentalen Modells zurückzuführen sind, lassen sich wenig Rückschlüsse auf die Erwartungen des Benutzers ziehen. Diese Fehlbedienungen werden deshalb aus der späteren Analyse der Ursachen für die Abweichungen ausgeschlossen (vgl. Abschnitt 3.2.3.2).

Hat man diejenigen Fehlbedienungen identifiziert und gefiltert, welche keine Rückschlüsse auf ein mentales Modell zulassen, so kann man diejenigen, welche sich zur Analyse des zu Grunde liegenden mentalen Modells eignen, inhaltlich analysieren. Bay und Ziefle (2003) analysieren für die Bedienung eines am Computer simulierten Handy-Menüs genau, welcher Menüpunkt mit welchem verwechselt wird, so dass sich Hinweise auf die Güte der verwendeten Begriffe ergeben. Aus solchen konkreten Verwechslungen lässt sich schließen, welcher Begriff stattdessen an der betreffenden Stelle die Erwartungen des Benutzers besser erfüllt hätte. Schröder und Ziefle (2005) ziehen als Erklärung für Fehler bei der Bedienung ganz ähnlicher Menüs die Miss-Passung zwischen den für Ober- und Unterkategorie verwendeten Bezeichnungen heran. Analysiert man also diejenigen Fehlbedienungen, bei denen der Benutzer eine konkrete Erwartung hatte, so gewinnt man Informationen darüber, was stattdessen erwartet worden war, welches mentale Modell der Benutzer also gebildet hat. So wird auch in dieser Arbeit betrachtet, welche Erwartungen Probanden statt des tatsächlichen Systemverhaltens eigentlich gebildet haben. Prinzipiell lässt sich schon allein aus der Art und Weise der Verwechslung ein Optimierungsvorschlag ableiten. Jedoch gibt der Inhalt der (vom System abweichenden) Erwartung allein noch keine Information darüber, ob die Erwartung des Benutzers auch für Systeme mit anderen Bedienoberflächen gilt, d.h. ob die gleiche Veränderung auch bei einem Fahrerinformationssystem mit anderem Bedienkonzept hilfreich wäre.

Aus dem Abschnitt 2.3.1 wird deutlich, dass die mentalen Modelle einer Person von einem System sich auf Menüstruktur, Menüpunkt-Bezeichnungen und das Mapping zwischen Bedienelementen und Menü beziehen. Erwartungen bezüglich der Struktur und der Bezeichnungen im Menü sind meist zutreffend für FIS im Allgemeinen, denn sie sind in der Software festgelegt, damit unabhängig von den Bedienelementen und prinzipiell für alle Geräte umsetzbar. Erwartungen bezüglich des Mappings sind system-spezifisch, da sie Aspekte der Bedienelemente mit betreffen, können aber auch system-unabhängige Aspekte enthalten. Erkenntnisse darüber, welcher der drei genannten Aspekte nicht mit der Erwartung übereinstimmt und damit Ursache für einen Bedienfehler ist, können entscheiden helfen, ob diese Erwartung auch bei einem anderen Bedienkonzept gebildet worden wäre, ob sie also unabhängig von einer spezifischen Gegebenheit des Systems entstand, oder ob sie ganz spezifisch an ein Merkmal des Bedienkonzeptes dieses einen Systems



gekoppelt war. Dadurch kann man vorhersagen, ob dieser Fehler auch bei einem anderen Bedienkonzept entstehen würde oder nicht.

Die Analyse der Ursachen für Abweichungen zwischen Erwartung und System (vgl. Abschnitt 3.2.3.6) gibt in dieser Arbeit Aufschluss darüber, ob eine Erwartung systemspezifisch oder systemunabhängig und damit auf andere Bedienkonzepte generalisierbar ist. Auf Basis der an einem ersten System (Studie A, Kapitel 3) ermittelten systemübergreifenden Erwartungen werden Vorhersagen über Fehlbedienungen in einem zweiten System mit anderem Bedienkonzept gemacht (Studie B, Kapitel 4; vgl. insbesondere Abschnitt 4.2.3.1). Nachdem die Systemunabhängigkeit der ermittelten Benutzererwartungen auf diese Art und Weise verifiziert ist, können sodann entsprechend dieser systemübergreifenden Benutzererwartungen allgemeine Gestaltungs-Richtlinien aufgestellt werden.

### 2.3.2 Interindividuell übereinstimmende mentale Modelle

In modernen, technisch weit entwickelten Gesellschaften hat wohl jeder Mensch, welcher ein Fahrerinformationssystem benutzen möchte, zuvor schon Erfahrungen mit der Bedienung irgendeines anderen technischen Gerätes gemacht. Da die Vorerfahrungen, welche Benutzer in die Bediensituation mitbringen, individuell verschieden sind, kann man nicht davon ausgehen, dass alle Benutzer dieselben Erwartungen an die Bedienung eines FIS haben. Es wird also Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten in den Erwartungen verschiedener Benutzer geben. Damit ein FIS von möglichst vielen Menschen erfolgreich bedient werden kann, ist es wichtig, bei der Gestaltung der Bedienoberfläche diejenigen Inhalte von Erwartungen zu berücksichtigen, welche einer Mehrheit der Benutzer gemeinsam sind. Es ist daher nötig, zu untersuchen, welche Aspekte der individuellen mentalen Modelle übereinstimmen.

In der Forschung zu *shared cognition* (Cannon-Bowers & Salas, 2001; Klimoski & Mohammed, 1994; Mohammed & Dumville, 2001; Langan-Fox, Code & Langfield-Smith, 2000) werden gemeinsame mentale Repräsentationen unterschiedlicher Personen betrachtet. Dort steht jedoch im Fokus, welche Repräsentationen die Personen in einem Team gemeinsam haben, welches eine gemeinsame Aufgabe löst. Obwohl in diesem Forschungszweig verschiedene Ansätze unterschiedliche Schwerpunkte und Implikationen haben, beschäftigen sich doch alle mit der Frage, wie ein gemeinsames Verständnis von Aufgabe, Aufgaben-Umgebung und den Team-Mitgliedern die Leistung der Gruppe bei einer gemeinsamen Aufgabe beeinflusst. Gesucht wird dabei gewissermaßen die Schnittmenge der Vorstellungen von verschiedenen Personen, welche sich gleichzeitig in der gleichen Situation befinden. Wenn die Überschneidungen im Wissen zwischen den einzelnen Personen groß sind, so die Befunde, ist die Leistung des Teams besser.

Anders als im Ansatz *shared cognition* werden in der vorliegenden Arbeit zwar auch Aspekte von mentalen Modellen untersucht, welche mehreren Personen gemeinsam sind. Der Unterschied liegt jedoch darin, dass diese Personen nicht miteinander interagieren und damit das Wissen nicht gleichzeitig/ gemeinsam einsetzen. Vielmehr findet bei der Bedienung eines FIS (in den meisten Fällen) eine Interaktion zwischen einer einzelnen Person und dem Gerät statt. Um geeignete Gestaltungsprinzipien ableiten zu können, welche für die Allgemeinheit der Benutzer Gültigkeit haben, muss ermittelt werden, welche Inhalte der mentalen Modelle verschiedener Personen in der gleichen Situation (z.B. bei der Bearbeitung der gleichen Aufgabe) unabhängig voneinander übereinstimmen.

Dabei ist zu erwarten, dass das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen individuellen mentalen Modellen sich für verschiedene Bedienaufgaben/ -situationen unterscheidet. Für diejenigen Funktionen/ Bediensituationen eines FIS, welche selten bedient werden, in wenigen Geräten vorkommen und/ oder oft in verschiedener Weise implementiert werden, ist zu erwarten, dass wenige Personen konkrete mentale Modelle formen, bzw. dass sehr unterschiedliche individuelle Erwartungen bestehen. Für solche Funktionen dagegen, welche von vielen Menschen häufig und/ oder an unterschiedlichen Geräten benutzt werden, ist zu erwarten, dass während der Bedienung von vielen Personen konkrete Erwartungen gebildet werden. Bei diesen konkreten Erwartungen sind teilweise hohe Übereinstimmungen, teilweise weniger hohe Übereinstimmungen zwischen den individuellen Erwartungen zu vermuten.

Wenn an einer Stelle im Bedienablauf gehäuft systematische Fehlbedienungen auftreten, so deutet dies daraufhin, dass das Systemverhalten an dieser Stelle von den Erwartungen vieler Benutzer abweicht. In dieser Arbeit wird untersucht, wie hoch die Übereinstimmung der Erwartungen verschiedener Benutzer an den einzelnen Stellen im Menü ist (Studien A und B, vgl. auch Abschnitt 3.2.3.4).

Je mehr Benutzer an einer Stelle die gleiche konkrete (abweichende) Erwartung haben, je höher also die Übereinstimmung der vom System abweichenden mentalen Modelle zwischen den Benutzern ist, desto wichtiger wäre eine Anpassung des Systems an die Benutzererwartungen an dieser Stelle, desto mehr Benutzer könnten nach einer entsprechenden Änderung im System an dieser Stelle die von ihnen erwartete Bedienhandlung ausführen und würden keinen Fehler machen. Es wird in dieser Arbeit daher auch ermittelt, welcher Anteil von Fehlbedienungen durch bestimmte Veränderungen an gewissen Stellen im Bedienablauf verhindert werden könnte (vgl. Abschnitt 3.4.1.4)

Erwartungen, welche eine hohe interindividuelle Übereinstimmung aufweisen, und gleichzeitig unabhängig sind von spezifischen Merkmalen eines Systems, können als allgemeine Leitlinien für die Gestaltung von Bedienabläufen in Fahrerinformationssystemen

verstanden werden. Die in Unterkapitel 2.2 beschriebene Analyse-Ebene ermöglicht es, die Erwartungen der Benutzer bezüglich jeder auszuführenden Bedienhandlung zu ermitteln und direkt mit dem Soll-Bedienablauf zu vergleichen. Die Darstellungsform der Status-Übergangs-Diagramme ermöglicht es, die für eine Aufgabe ermittelten interindividuell übereinstimmenden Erwartungen bezüglich der auszuführenden Bedienhandlungen und zu erreichenden Systemzuständen ebenfalls aufzuzeichnen und zum Vergleich sogar direkt in das konzeptuelle Modell einzuzeichnen, ebenfalls als Pfeile und Kreise (vgl. Abschnitt 3.2.3.5). Zeichnet man die erwarteten Bedienabläufe ebenfalls als Status-Übergangs-Diagramm, so lässt sich der entstandene Ablauf als Soll-Bedienablauf für die Gestaltung dieser Aufgabe begreifen. Auf diese Weise lässt sich ein konzeptuelles Modell für die Bedienung einer Aufgabe direkt auf Basis der Benutzererwartungen erstellen und als allgemeine Gestaltungsempfehlung formulieren (vgl. Kapitel 5 dieser Arbeit). Später werden die so formulierten Gestaltungsprinzipien in einem Prototypen umgesetzt und damit ihre Gültigkeit evaluiert (Kapitel 6).

## **2.4 Vorteile von optimierten Bedienabläufen für Lernprozesse und Doppelaufgaben-Situation**

Die Anpassung von Bedienabläufen eines FIS an die Benutzererwartungen hat das Ziel, möglichst vielen Benutzern eine möglichst effektive Bedienung des Systems zu ermöglichen und gleichzeitig die Bedienung auch bei zeitgleicher Ausführung einer Parallelaufgabe leicht erlernbar zu gestalten. Ob vorgenommene Veränderungen diese Ziele erreichen und die Gebrauchstauglichkeit tatsächlich verbessern, lässt sich mit einem Usability-Test evaluieren. Kriterien für die Gebrauchstauglichkeit eines Systems sind zum einen objektive Leistungsparameter und zum anderen subjektive Maße, wie die Zufriedenheit der Benutzer (EN ISO 13407, 1999). Es ist davon auszugehen, dass objektiv vorhandene Bedienschwierigkeiten sich auch auf die Akzeptanz und subjektive Bewertung eines Systems negativ auswirken.

Die in dieser Arbeit erstellten allgemeinen Gestaltungsempfehlungen für die Bedienabläufe von Fahrerinformationssystemen werden in einem Prototypen umgesetzt und anhand der objektiven Bedienleistung sowie der subjektiven Systembewertung evaluiert (Studie C, Kapitel 6). Um die Unabhängigkeit der Bedienprinzipien von spezifischen Merkmalen der Bedienoberfläche zu unterstreichen, wird für diese Evaluation ein System verwendet, dessen Bedienkonzept von den beiden ersten Systemen verschieden ist, welche zur Ermittlung und Verifizierung der systemunabhängigen Benutzererwartungen verwendet werden (vgl. Abschnitt 6.1.2.2). Dabei wird erwartet, dass die entsprechend den Gestaltungsempfehlungen optimierten Bedienabläufe des Prototypen Vorteile bieten gegen-

über den ursprünglichen Bedienabläufen bezüglich der objektiven und subjektiven Evaluationskriterien (detaillierte Beschreibung s. Abschnitt 6.2.4). Diese Vermutung führte zur Formulierung der Hypothesen C1a, C1b und C1c in Studie C (vgl. Abschnitt 6.2.5.1). Es ist zu vermuten, dass Bedienabläufe, welche mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen, den Probanden bessere Bedienleistungen ermöglichen und von diesen auch subjektiv als besser beurteilt werden.

#### 2.4.1 Lernen und Transfer bei der Bedienung von FIS

Das Erlernen von Menüsystemen ist als multikodierter Prozess untersucht und beschrieben worden, im Rahmen dessen semantische, räumliche und motorische Aspekte von mentalen Repräsentationen verändert werden (Rauch, Totzke & Krüger, 2004; Totzke et al., 2003; Totzke, Rauch & Krüger, 2003). Diese Gestaltungsaspekte sind vergleichbar mit denen des Mappings, der Menüstruktur und der Menüpunkt-Bezeichnungen, welche in den vorangehenden Kapiteln als bedeutsam während der Bedienung eines FIS hervorgehoben wurden. Mit dem begrifflichen Aspekt ist bei den genannten Autoren eine geeignete Abbildung von Unter- und Oberbegriffsrelationen in der Menüstruktur und damit eher ein struktureller Aspekt gemeint, ähnlich wie mit Menüstruktur in dieser Arbeit. Der semantische Aspekt der Menüpunkt-Bezeichnungen, also die Verwendung eines geeigneten Wortes/ Begriffes für die dahinter liegende Funktion, wird dagegen nicht explizit erwähnt. Die Lernvorgänge bei der Bedienung eines menügesteuerten Systems beziehen alle drei Aspekte mit ein und folgen dem allgemeinen Gesetz des Lernens: Mit zunehmender Übung werden Bedienabläufe eines jeden Systems besser beherrscht (Totzke et al., 2003). Daher wird auch für die Evaluationsstudie dieser Arbeit ein allgemeiner Lerneffekt erwartet, unabhängig davon, welche Version des Prototypen bedient wird. Dies wird in Hypothese C2 ausgedrückt (vgl. Abschnitt 6.2.5.2).

Wenn Bedienabläufe eines Systems entsprechend den Erwartungen der Benutzer gestaltet sind und im Speziellen bezüglich der genannten Aspekte an die mentalen Modelle der Benutzer angepasst wurden, sollten durch diese Anpassung auch das Erlernen dieser optimierten Bedienabläufe leichter fallen als bei Bedienabläufen, welche nicht optimiert wurden und daher bezüglich des einen oder anderen der genannten Aspekte von den Erwartungen der Benutzer abweichen. Auf Basis dieser Vermutung wurde für Studie C Hypothese C4 formuliert (vgl. Abschnitt 6.2.5.4), nach der erwartet wird, dass die wiederholte Aufgabenbearbeitung mit optimierten Bedienabläufen zu einem größeren Lerneffekt führt als mit ursprünglichen Bedienabläufen.

Beim Erlernen der Bedienung eines unbekannten Gerätes nutzen Benutzer ihr schon vorhandenes Wissen, es findet ein Transfer statt. Ist das bisherige Wissen auf die Bedienab-

läufe des neuen Systems übertragbar, so sind, wie oben beschrieben, positive Transfer-effekte zu erwarten. Weicht allerdings ein Bedienablauf von den gebildeten Erwartungen ab, so sind negative Transfereffekte zu erwarten. Zwischen verschiedenen Aufgaben, welche ein ähnliches Oberziel haben, ist ein positiver Transfereffekt dann zu erwarten, wenn die Erwartung des Benutzers darin besteht, in beiden Fällen das ähnliche Oberziel mit den gleichen Bedienhandlungen erreichen zu können und der Bedienpfad tatsächlich aus den gleichen Bedienhandlungen besteht. Wenn allerdings der Bedienpfad für die beiden Aufgaben trotz gleichem Oberziel unterschiedlich ist, so sind negative Transfereffekte zu erwarten. An geeigneten Stellen werden in dieser Arbeit Transfereffekte gezielt untersucht und aufgezeigt. Die geschilderten Überlegungen führten zur Formulierung der Hypothesen A1 bis A5 in Studie A (vgl. Abschnitt 3.3.3), nach denen positive und negative Transfereffekte für die Bearbeitung bestimmter Aufgaben des Systems A vorhergesagt werden.

Von der mit fortschreitender technischer Entwicklung immer größer werdenden Menge an Funktionen, welche ein Fahrerinformationssystem zur Verfügung stellt, benutzt ein einzelner Mensch meist nur einen kleinen Anteil häufig. Viele oder gar die meisten anderen Funktionen werden dagegen nur selten oder gar nicht genutzt. Welche Funktionen häufig benutzt werden, ist interindividuell verschieden, man kann also davon ausgehen, dass jede Funktion von einigen Benutzern gar nicht oder nur selten benutzt wird. Daher sollten alle Funktionen eines Fahrerinformationssystems so gestaltet sein, dass in anderen Bereichen erworbenes Wissen auf die Bedienung übertragen werden kann. Da hier untersucht wird, welches Wissen Benutzer einsetzen, das sie schon vor der Bedienung eines Systems erworben haben, werden in allen Untersuchungen Personen eingesetzt, welche noch keine Erfahrungen mit dem jeweils verwendeten Gerät haben.

#### 2.4.2 Bedienung eines FIS bei Ausführung einer Parallelaufgabe

Eine wichtige Charakteristik für die Bediensituation im Fahrzeug ist, dass in der Regel die Bedienung des FIS nicht als Hauptaufgabe erfolgt, sondern als Nebenaufgabe, während die Hauptaufgabe die Fahrzeugführung ist. Es handelt sich also um eine Situation mit geteilter Aufmerksamkeit, in der nur ein Teil der mentalen Kapazität der Bedienaufgabe zugewendet wird, während der andere Teil der Aufmerksamkeit für die Fahraufgabe aufgewendet wird. Zwischen beiden Aufgaben bestehen Interferenzen. Je nach Schwierigkeit der Fahraufgabe wird die Bedienaufgabe langsamer ausgeführt (Jahn, Krems & Gelau, 2002). Wenn eine zusätzliche Aufgabe neben der Bedienaufgabe besteht, ist demnach zu erwarten, dass die Bedienung des FIS langsamer abläuft und mehr Fehler auftreten als ohne Zusatzaufgabe. Nach Hypothese C3 in Studie C wird daher erwartet, dass eine kog-

nitive Zusatzbelastung sowohl zu schlechteren Bedienleistungen als auch zu subjektiv schlechterer Bewertung des Systems führt (vgl. Abschnitt 6.2.5.3).

Je nach Benutzerfreundlichkeit des zu bedienenden FIS ist die Ablenkung von der Fahraufgabe größer oder kleiner (vgl. z.B. Kiefer, Schulz, Schulze-Kissing & Urbas, 2006; Totzke, Schoch & Krüger, 2006; Praxenthaler, 2003; Schattenberg, 2002; Theofanou, 2002). Man kann sich leicht vorstellen, dass die Bedienung eines FIS weniger Aufmerksamkeit erfordert, wenn das gebildete mentale Modell gut mit den tatsächlichen Gegebenheiten des Systems übereinstimmt. Daher ist bei Systemen, welche gut mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen, zu erwarten, dass eine neben der Bedienung bestehende zusätzliche Aufgabe die Leistung bei der Bedienung weniger stark beeinträchtigt als bei Systemen, welche nicht gut mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen. Für die in dieser Arbeit erstellten Gestaltungsempfehlungen wird überprüft, ob sie auch unter Doppelaufgaben-Bedingungen einen Vorteil für die Bedienung eines FIS bringen. Die hier geschilderten Überlegungen führten zur Formulierung von Hypothese C5 in Studie C, nach welcher erwartet wird, dass sich eine kognitive Zusatzbelastung auf die Bedienung von optimierten Bedienabläufen weniger negativ auswirkt als bei Bedienabläufen, welche nicht verändert wurden.

Mit zunehmender Übung nehmen die Doppelaufgaben-Interferenzen ab. Guski (2006) gibt einen Überblick über Theorien geteilter Aufmerksamkeit und nennt zusammenfassend vier Gründe für Lernen in Doppelaufgaben-Situationen: Die Einzelaufgaben werden besser beherrscht. Personen entwickeln Strategien, um beide Aufgaben mit minimalen Einbußen zu bearbeiten. Mit zunehmender Übung wird der Gebrauch von Aufmerksamkeits- oder anderen zentralen Ressourcen bei der Aufgabenbearbeitung minimiert. Die notwendigen Ressourcen zum Steuern der Tätigkeit werden ebenfalls minimiert.

Es ist daher für die Evaluationsstudie zu erwarten, dass mit zunehmender Übung auch unter Doppelaufgaben-Bedingungen ein Lerneffekt in Form einer Verkürzung der Bedienzeiten und einer Verringerung der Bedienfehler eintritt. Der Lernzuwachs ist ohne kognitive Zusatzaufgabe als größer anzunehmen als mit Zusatzaufgabe. Diese Überlegungen sind in Hypothese C6 der Studie C formuliert (vgl. Abschnitt 6.2.5.6).

## **2.5 Ableitung des gewählten Untersuchungsplans**

Um zu zeigen, welche allgemeinen Erwartungen es an Bedienabläufe eines FIS gibt und welche positiven Auswirkungen eine Gestaltung der Bedienabläufe entsprechend dieser Erwartung hat, werden drei Studien durchgeführt.

Ziel einer ersten Studie A (Kapitel 3) ist es, zu identifizieren, welche der Erwartungen von Benutzern an die Bedienabläufe eines Fahrerinformationssystems A interindividuell übereinstimmen und welche Aspekte dieser Erwartungen systemunabhängig auch für FIS mit anderen Bedienkonzepten zutreffen. Dazu wird ermittelt, welche Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell eines bestehenden FIS bei typischen Bedienaufgaben für eine Mehrheit der Benutzer vorliegen. Es werden Vermutungen darüber aufgestellt, welche Teile dieser interindividuell übereinstimmenden Modelle auch unabhängig von dem speziellen Bedienkonzept des Systems A generell für Bedienabläufe in Fahrerinformationssystemen zutreffen müssten. Ziel einer zweiten Studie B (Kapitel 4) ist es, die Systemunabhängigkeit der in Studie A ermittelten mentalen Modelle zu verifizieren. Dazu wird aus den in Studie A ermittelten systemübergreifenden Benutzererwartungen vorhergesagt, an welchen Stellen der Bedienabläufe des Systems B Benutzer abweichende mentale Modelle bilden werden und dadurch auch, ob und welche systematischen Fehlbedienungen auftreten werden.

Die als systemübergreifend verifizierten Benutzererwartungen werden als allgemeine Gestaltungsempfehlungen formuliert (Kapitel 5), in einem Regelwerk festgehalten und als Grundlage für die Gestaltung von Bedienabläufen eines Prototypen verwendet. Eine dritte Studie C (Kapitel 6) wird die an die Erwartungen angepassten Bedienabläufe evaluieren und die positiven Auswirkungen dieser Optimierungen auf Bedienleistung und Systembewertung belegen. Um sicherzustellen, dass das Regelwerk, welches in dieser Arbeit erstellt und evaluiert wird, systemübergreifende Erwartungen an Bedienabläufe beachtet und sich nicht etwa auf bedienkonzeptabhängige Aspekte bezieht, werden drei Systeme mit unterschiedlichen Bedienkonzepten, aber vergleichbaren Bedienabläufen verwendet (Beschreibung der Bedienkonzepte s. Abschnitte 3.1.2.2, 4.1.2.1 und 6.1.2.2).

### **3 Studie A: Ermittlung interindividuell übereinstimmender mentaler Modelle von Bedienabläufen**

Studie A ermittelt diejenigen Erwartungen von Benutzern an Bedienabläufe eines FIS, welche einer Mehrheit der Benutzer gemeinsam sind und daher die Grundlage für die Gestaltung von Bedienabläufen sein können. Es werden aus den Benutzererwartungen diejenigen Aspekte identifiziert, von welchen angenommen werden kann, dass sie allgemein für Bedienabläufe von FIS gelten. Diese systemübergreifenden Erwartungen werden später in Studie B verifiziert.

Dieses Kapitel beschreibt die verwendete Methodik, dabei im Speziellen ein für diese Arbeit entwickeltes Auswertungsschema. Anschließend werden Hypothesen und Ergebnisse berichtet. Als letztes erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse der Studie A.

#### **3.1 Methodik Studie A**

In Studie A wurden die Bedienabläufe eines bereits existierenden FIS mit den Erwartungen von Benutzern verglichen. In diesem Vergleich sollten mentale Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung dort deutlich werden, wo entweder der implementierte Bedienablauf mit den Erwartungen übereinstimmt und deshalb keine systematischen Fehlbedienungen auftreten oder wo die Mehrheit der Benutzer die gleiche Erwartung hat und diese Mehrheits-Erwartung vom implementierten Bedienablauf abweicht. Um möglichst viele solcher Stellen zu finden, wurden den Probanden typische Bedienaufgaben aus unterschiedlichen Funktionsbereichen gestellt. Weiterhin sollten Transfereffekte für solche Bedienabläufe des Systems A untersucht werden, welche in verschiedenen Funktionsbereichen des Systems unterschiedlich implementiert waren.

Der direkte Vergleich von erwarteten und im System implementierten Bedienabläufen wurde durch ein eigens entwickeltes Auswertungsschema möglich, welches ebenfalls in Studie B verwendet wird (vgl. Unterkapitel 3.2). Dieses erste Unterkapitel beschreibt Untersuchungsteilnehmer, Versuchsumgebung, Durchführung und Versuchsplan der Studie A.

##### **3.1.1 Untersuchungsteilnehmer Studie A**

Aus Gründen der Geheimhaltung nahmen nur Probanden an der Studie teil, welche zum Zeitpunkt der Untersuchung Mitarbeiter des Automobilherstellers waren, an dessen Geräten und Aufbauten die Untersuchungen stattfanden. Sie wurden per E-Mail kontaktiert und vor der Einladung zur Untersuchung um die Beantwortung einiger *screening*-Fragen ge-



beten (1. Alter; 2. „Habe System X noch nie/ schon einige Male/ schon sehr häufig bedient“; 3. „Habe Erfahrung mit der Entwicklung von Bedienoberflächen ja/ nein“; vgl. Abschnitte 4.1.1 und 6.1.1). Dieses *screening* stellte sicher, dass die teilnehmenden Probanden mindestens 30 Jahre alt waren, weder Erfahrung hatten mit der Entwicklung von Bedienoberflächen noch das System A je bedient hatten.

Untersucht wurden 34 Probanden, davon 94,1% Männer. Das Alter der Probanden lag zwischen 31 und 58 Jahren und betrug im Durchschnitt 42,2 Jahre ( $s=8,47$ ). Ein Proband war italienischer Nationalität, 33 waren deutsch. Alle Probanden waren Rechtshänder. Alle Probanden übten zum Zeitpunkt der Untersuchung technische Berufe aus. Die Probanden verfügten über Vorerfahrung mit anderen FIS des Herstellers. Nach dem *screening* wurden die Probanden zufällig einer von drei Gruppen zugewiesen, welche dann unterschiedliche Aufgaben bearbeiteten (vgl. Abschnitt 3.3.1).

Laut ihrer Angaben im Vorerfahrungs-Fragebogen (vgl. Abschnitt 3.1.3.2) hatten die Probanden die in dieser Arbeit verwendeten Aufgaben im Vorfeld im Mittel 116,1 Mal ( $s=41,7$ ) pro Jahr ausgeführt und die dort erfassten technischen Geräte 93,2 Mal ( $s=31,8$ ) pro Jahr benutzt. Die drei Gruppen unterschieden sich nicht in ihren Vorerfahrungswerten. Die Probanden nahmen während der Arbeitszeit an der Untersuchung teil und erhielten daher keine Entlohnung.

### 3.1.2 Versuchsumgebung

Die Untersuchungen A und B fanden an dem gleichen Aufbau statt.

#### 3.1.2.1 Versuchsanordnung für Studien A und B

In dem verwendeten Aufbau waren Vordersitze, Lenkrad, Mittelarmlehne, Mittelkonsole, Instrumententafel und vordere Ablageflächen ähnlich wie im Innenraum eines PKW angeordnet. Der Proband saß jeweils auf dem Fahrersitz, der Versuchsleiter auf dem Beifahrersitz (vgl. Abbildung 3-1).

Die Position des Fahrerinformationssystems war in den beiden Studien jeweils den Maßen im echten Fahrzeug angepasst und wie im richtigen PKW vom Probanden bequem aus der Sitzposition zu erreichen. Andere für das Innere eines PKW übliche Bedienelemente standen dem Probanden nicht zur Verfügung, bzw. hatten keine Funktion.

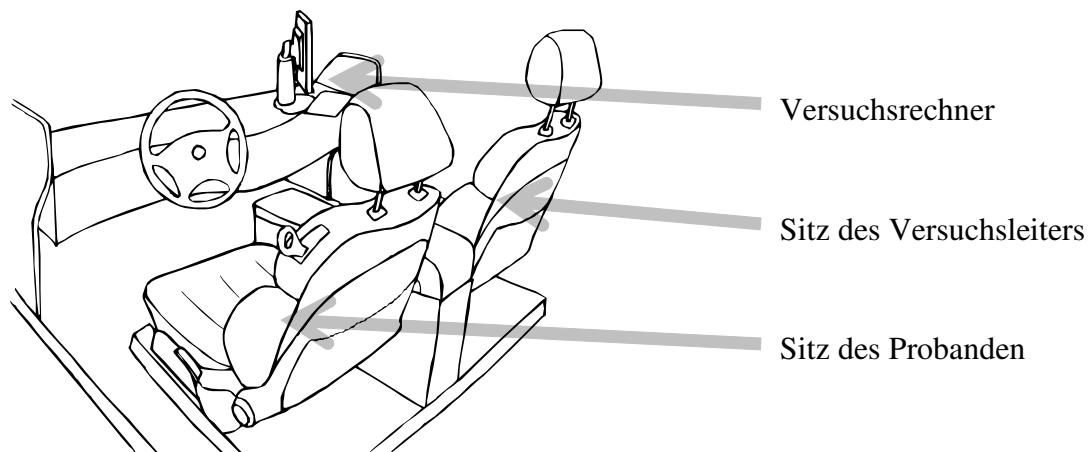


Abbildung 3-1: Versuchsaufbau für Studien A und B, wurde an das jeweils verwendete FIS angepasst

### 3.1.2.2 Das integrierte Bedienkonzept des Systems A

In Studie A wurde das voll funktionsfähige Seriengerät „Fahrerinformationssystem A“ verwendet. In diesem System stehen dem Fahrer die Funktionsbereiche Audio, Video, Navigation (mit Karte), Telefon und Service (verschiedene Dienste) zur Verfügung. Abbildung 3-2 zeigt den verwendeten Untersuchungsaufbau mit eingebautem System A aus der Sicht eines Probanden. Mit den beiden Kameras und dem Mikrofon wurden Video- und Tonaufnahmen gemacht.

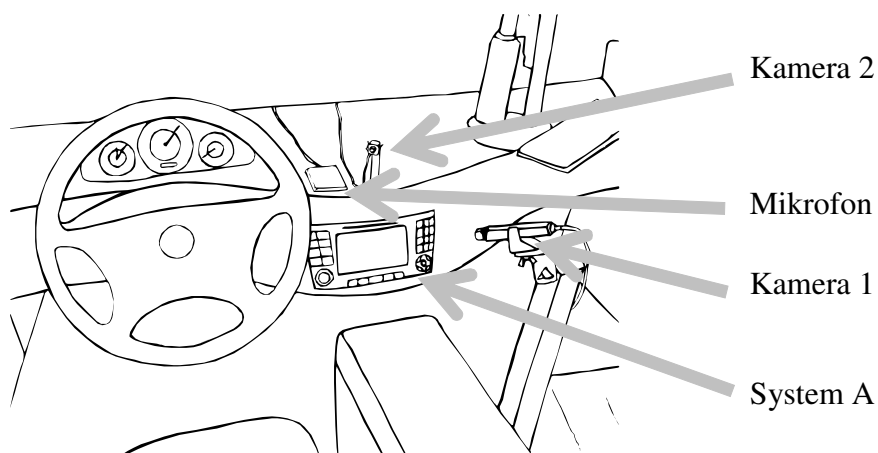


Abbildung 3-2: Probanden-Perspektive auf die Versuchsanordnung in Studie A

Das System A zeichnet sich durch ein integriertes Bedienkonzept aus. Es verfügt über ein Display und mehrere verschiedenartige Bedienelemente, welche um das Display herum angeordnet sind. Alle zum FIS gehörenden Bedien- und Anzeige-Elemente sind Bestandteile eines Gerätes, welches im Fahrzeug in der Mittelkonsole in etwa auf der Höhe eines Standard-Autoradios eingebaut ist (vgl. Abbildung 3-2).

Abbildung 3-3 zeigt eine schematische Darstellung des Systems A. Mit den Applikations-hardkeys aktiviert man einen Funktionsbereich, welcher dann auf dem Display angezeigt wird. Die Funktionen innerhalb des aktiven Funktionsbereiches lassen sich durch Zifferntasten, Softkeys und ein zentrales Bedienelement (ZBE) steuern. Die Softkeys haben dabei die jeweils direkt nebenan in einem Feld auf dem Display bezeichnete Funktion. Durch die Pfeiltasten des ZBE wird der Cursor im Menüfeld in der Mitte des Bildschirms bewegt. Dieses Menüfeld weist in den meisten Bildschirmansichten eine T-Struktur mit einer Überschrift und einer vertikalen Liste von Menüeinträgen auf. Durch die OK-Taste des ZBE wird das jeweils durch den Cursor markierte Element (z.B. Listeneintrag) ausgewählt.

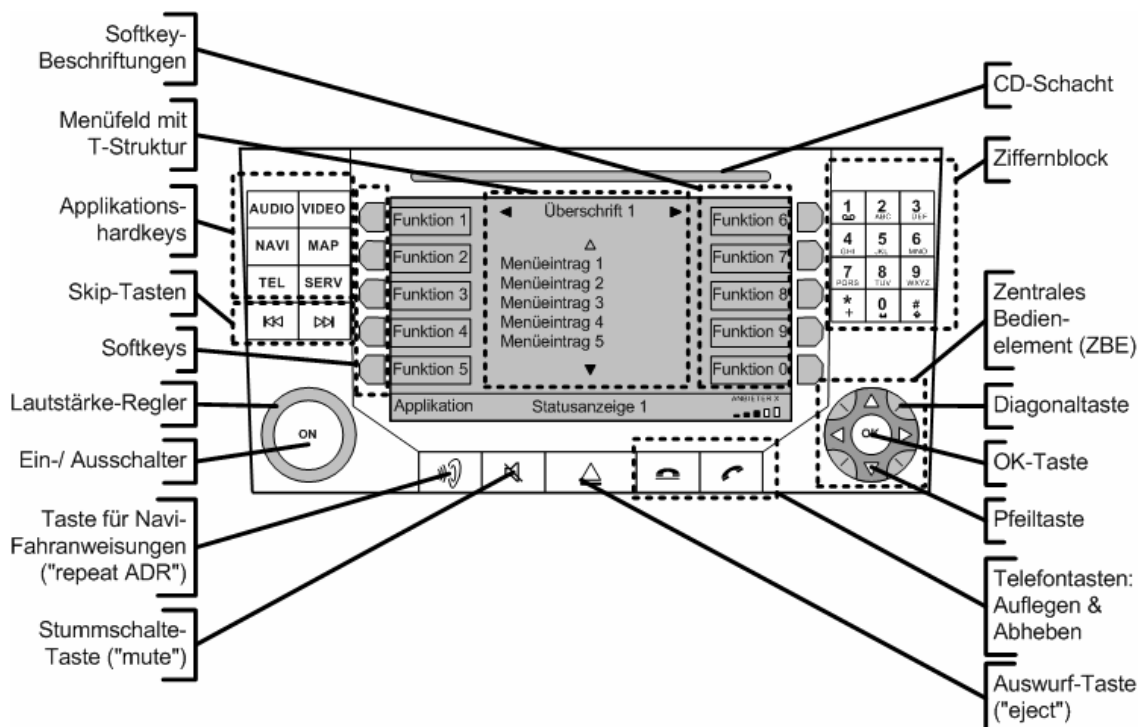


Abbildung 3-3: System A (schematische Darstellung)

### 3.1.3 Durchführung Studie A

Jeder Teilnehmer absolvierte einzeln eine ca. 2,5-stündige Sitzung, welche sich in drei Abschnitte gliederte: Vorbereitung (ca. zehn Minuten), Aufgabenbearbeitung (ca. 90 Min.) und Fragebogenbearbeitung (ca. 45 Min.).

Während der Vorbereitung erhielten die Probanden eine mündliche Instruktion zum Bedienprinzip des verwendeten Systems und zum Versuchsablauf. Sie sollten außerdem für maximal fünf Minuten einen Funktionsbereich des Systems ausprobieren, in dem später keine BediENAufgaben gelöst wurden, um sich mit dem System vertraut zu machen.

### *3.1.3.1 Erhebung der mentalen Modelle*

Während der Aufgabenbearbeitung bekamen die Probanden nacheinander typische Bedienaufgaben aus den wichtigsten Funktionsbereichen gestellt. Zu Beginn jeder Aufgabe wurde ein kurzes Szenario, welches die Aufgabenstellung enthielt, vorgelesen und jeder Proband nach seinen Erwartungen bzgl. der Bedienung bei dieser Aufgabe gefragt (Erwartungsphase). Im Anschluss bearbeitete er die Aufgabe (Bearbeitungsphase), wobei er aufgefordert war, laut zu denken. Sagte eine Person längere Zeit nichts, so wurde sie aufgefordert, weiter zu sprechen. Kam die Person bei der Aufgabenbearbeitung nicht weiter, so erhielt sie eine standardisierte Hilfestellung (vgl. Anhang, S. 183 ff.). Nach Vollendung jeder Aufgabe wurde die Person gefragt, an welchen Stellen die Bedienung so gewesen war wie erwartet und an welchen Stellen anders (Retrospektive).

Die Reihenfolge der Aufgaben war für alle Probanden innerhalb einer Gruppe gleich. Sie war einerseits so gewählt worden, wie sie natürlicherweise bei der Verwendung des Gerätes in der Anfangsphase vorkommen kann (bspw. Abspeichern einer Nummer, bevor eine gespeicherte Nummer angerufen wird; Löschen eines Elementes erst, nachdem es zuvor auch angelegt wurde). Andererseits ermöglichte die gewählte Reihenfolge den Nachweis von Transfereffekten (vgl. Unterkapitel 3.3).

Während der Aufgabenbearbeitung wurden alle Bedienoperationen und Äußerungen der Personen aufgezeichnet und Video-Aufnahmen gemacht. Die Methodik, welche eingesetzt wurde, um aus diesen Daten die mentalen Modelle der Benutzer zu extrahieren, wurde auch in Studie B eingesetzt und ist in Unterkapitel 3.2 beschrieben.

### *3.1.3.2 Erhebung der Vorerfahrung*

Um die Stichproben der drei Studien untereinander bezüglich ihrer Vorerfahrung mit der Bedienung von technischen Geräten vergleichen zu können, beantwortete jeder Teilnehmer am Ende der Sitzung einen Vorerfahrungs-Fragebogen (vgl. Anhang, S. 184 f.), welcher im Rahmen dieser Untersuchungsreihe entwickelt wurde und auch die Items zu demografischen Angaben enthielt.

In allen drei Untersuchungen wurde der gleiche Fragebogen zur Messung der Vorerfahrung mit technischen Geräten eingesetzt. Mit je einem Item wurde die Nutzungshäufigkeit von 26 verschiedenen gängigen technischen Geräten (s. Anhang) und mit wiederum 177 Items die Häufigkeit, mit der verschiedene Aufgaben an diesen Geräten benutzt werden, erfragt. Die Nutzungshäufigkeit wurde mittels einer fünfstufigen Skala erhoben. Die Skalenpunkte wurden danach kodiert, wie häufig das Gerät/ die Aufgabe bei jedem Skalenpunkt pro Jahr mindestens genutzt wird:

- „nie“ → 0
- „ein- bis mehrmals im Jahr“ → 1
- „ein- bis mehrmals im Monat“ → 12
- „ein- bis mehrmals pro Woche“ → 52
- „ein- bis mehrmals täglich“ → 365

Durch Addieren der Werte pro Gerät und pro Aufgabe wurde für jede Person ein Wert für die Nutzungshäufigkeit eines Gerätes und einer Aufgabe pro Jahr gebildet. Für den Vergleich der Stichproben in dieser Arbeit wurden weiterhin zwei Gesamtwerte für die Vorerfahrung jedes Probanden gebildet. Der erste beschreibt die Vorerfahrung der Probanden mit technischen Geräten insgesamt. Er besteht aus dem Mittelwert der Nutzungshäufigkeiten aller im Fragebogen erfassten technischen Geräte pro Jahr. Der zweite beschreibt die Vorerfahrung der Probanden mit den in den Untersuchungen verwendeten Aufgaben. Er besteht aus dem Mittelwert der Nutzungshäufigkeiten der einzelnen Aufgaben an verschiedenen Geräten pro Jahr.

Für diese Arbeit wurden lediglich zwei Gesamt-Vorerfahrungs-Werte verwendet, um die Vorerfahrung der Probanden zu beschreiben. Eine differenziertere Betrachtung des Einflusses der Vorerfahrung auf die Bedienleistung oder die mentalen Modelle ist mit den erhobenen Daten möglich und bietet ggf. Antworten auf weiterführende Fragestellungen (vgl. Unterkapitel 7.3).

### **3.2 Einschub: Entwicklung einer Methodik zur Analyse des Bedienverhaltens und Ableitung der mentalen Modelle**

Um die mentalen Modelle der Benutzer so zu erheben, dass ein direkter Vergleich mit dem konzeptuellen Modell möglich war, wurde für diese Arbeit eine spezielle Methodik entwickelt, welche in den Studien A und B eingesetzt wurde. Zunächst wurden auf Basis der Überlegungen aus Unterkapitel 2.2 konzeptuelle Modelle für alle in den Studien zu verwendenden Aufgaben erstellt (Abschnitt 3.2.1). Sodann wurde ein siebenstufiges Auswertungsschema entwickelt und angewendet, um aus den während der Bedienung aufgezeichneten Daten diejenigen Erwartungen jedes Benutzers zu extrahieren, welche für eine Bedienhandlung jeweils handlungsleitend waren. Mit Hilfe dieses Auswertungsschemas (Abschnitte 3.2.2 und 3.2.3) wurden auch die systemunabhängigen Inhalte der Erwartungen und Erwartungen mit hoher interindividueller Übereinstimmung identifiziert.

#### **3.2.1 Aufgabenanalyse und Erstellung der konzeptuellen Modelle**

Alle Aufgaben, welche in Studien A und B verwendet werden sollten, wurden einer Analyse unterzogen. Für sie wurde ermittelt, welche Bedienoperationen bei den Systemen A

und B jeweils erforderlich sind, um die Aufgabe abzuschließen. Zur Gliederung der implementierten Bedienabläufe in sinnvolle Abschnitte wurden Sequenzen von Bedienoperationen identifiziert, nach deren Abschluss jeweils eine der Menüfunktionen nach Norman (1991) ausgelöst wird. Eine solche Sequenz bildet die kleinste in sich geschlossene, zielgerichtete Einheit beim Lösen der Bedienaufgabe: eine **Bedienhandlung** (vgl. Unterkapitel 2.2). In den verschiedenen Systemen ergaben sich in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Bedienelementen unterschiedliche Bedienoperations-Sequenzen, aus welchen eine Bedienhandlung bestehen konnte. Diese unterschiedlichen möglichen Bedienoperations-Sequenzen sind im Anhang (S. 177 f.) beschrieben.

Alle zur Lösung einer Bedienaufgabe erforderlichen Bedienhandlungen bilden als **Soll-Bedienhandlungen** den im System implementierten **Soll-Bedienpfad** oder **Soll-Bedienablauf** einer Aufgabe. Der Soll-Bedienablauf jeder Aufgabe besteht aus mindestens einer (in der Regel mehreren) Bedienhandlungen und mindestens zwei (in der Regel mehr) Systemzuständen. Für jede untersuchte Bedienaufgabe wurde der Soll-Bedienablauf sowohl grafisch als auch verbal dargestellt. Die grafische Darstellung orientierte sich an der in der Informatik üblichen Darstellung eines endlichen Automaten (*finite state machine*). Diese Darstellung beschreibt das konzeptuelle Modell in Form eines Status-Übergangs-Diagramms, also in Systemzuständen (Kreisen) und Aktionen (Pfeilen). Sie ermöglicht es, den implementierten Bedienablauf direkt mit den erwarteten Bedienhandlungen zu vergleichen. Jeder Kreis beschreibt einen Systemzustand und jeder Pfeil die Bedienhandlung, durch welche das System von einem in den nächsten Zustand überführt wird. Diese Darstellungsform wurde später auch für die grafische Beschreibung der abgeleiteten allgemeinen Gestaltungsempfehlungen gewählt.

Die verbale Beschreibung der Soll-Bedienabläufe entspricht einer Auflistung der Soll-Bedienhandlungen (ohne Systemzustände) und wurde für die Analyse der erhobenen Verhaltens-Protokolle verwendet (vgl. Abschnitt 3.2.3.1). Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, alle Ergebnisse der Aufgabenanalyse, d.h. die Status-Übergangs-Diagramme für alle verwendeten Aufgaben darzustellen. Die relevanten Ausschnitte aus den Soll-Bedienabläufen werden stattdessen an den jeweils relevanten Stellen im Zusammenhang mit den Erwartungen der Benutzer beschrieben.

### 3.2.2 Vorbereitungen und Vorüberlegungen zum Auswertungsschema

Die während der Aufgabenbearbeitung aufgezeichneten Denkprotokolle der einzelnen Probanden wurden transkribiert und mit den Audio-Video-Aufzeichnungen und den Rechner-Aufzeichnungen der Bedienoperationen (Logfiles) synchronisiert. So entstand für je-

den Probanden pro Aufgabe eine chronologische Dokumentation der Operationen und Gedanken zu den einzelnen Zeitpunkten. Eine derartige Aufbereitung der Daten wird in der Literatur als *process tracing* bezeichnet (z.B. Patrick, Gregov, Halliday & O'Reilly, 1999). Nach der unten beschriebenen siebenstufigen Vorgehensweise lassen sich aus diesen Dokumentationen die tatsächlich ausgeführten Bedienhandlungen der Personen mit den Soll-Bedienhandlungen vergleichen und die Erwartungen der Probanden an den verschiedenen Stellen des Bedienablaufes identifizieren.

Die Verwendung von Protokollen lauten Denkens wird häufig als wenig geeignet zur Erhebung von Wissensinhalten kritisiert. Bei der Gegenüberstellung mehrerer verschiedener Methoden findet man besonders mit Hinblick auf den Zweck der vollständigen Darstellung von Wissensstrukturen und –elementen einer Domäne immer wieder Kritik an der Lückenhaftigkeit von Denkprotokollen (vgl. z.B. Benysh, Koubek & Calvez, 1993; Cooke, 1999; Cordingley, 1989; Shadbolt & Burton, 1990). Auch wird kritisiert, dass Denkprotokolle sich zur Extraktion von mentalen Modellen nicht gut eignen, wenn man die Benutzer anhand ihrer mentalen Modelle danach einteilen möchte, ob sie gute oder schlechte Bedienleistungen erbringen werden (Cooke & Rowe, 1997).

Protokolle lauten Denkens bieten gegenüber anderen Methoden jedoch den entscheidenden Vorteil, dass sie in angemessener Weise den jeweiligen Inhalt des Kurzzeit-Gedächtnisses wiedergeben, welcher für die Ausführung der aktuellen Handlung nötig ist (Ericsson & Simon, 1993). Durch geeignete Aggregation und Analyse der erhobenen Daten lässt sich das Wissen, welches der Handlungsregulation in einem bestimmten Moment zu Grunde liegt, identifizieren. Auch werden durch die Aufnahme von Protokollen lauten Denkens während der Bearbeitung von Aufgaben höchstens die Bearbeitungszeit, nicht aber die Genauigkeit der Bearbeitung oder die Strategiewahl beeinflusst (Brinkmann, 1993).

Forschungsarbeiten, welche Protokolle lauten Denkens als geeignetes Hilfsmittel erachten, um die Rolle der individuellen Wissensbasis beispielsweise während eines Problemlöse-Prozesses zu ergründen, mahnen durchaus an, dass diese Protokolle lückenhaft sein können (Hassebrock & Prietula, 1992, S. 638) oder weisen darauf hin, dass Denkprotokolle nicht alle nötigen Informationen enthalten, um den kognitiven Prozess bzw. die Strategie erschöpfend darzustellen (Bainbridge, Lenior & Schaaf, 1993, S. 1276). Um diesem Nachteil zu begegnen, fordern diese Autoren, das Kodierungs-System explizit zu machen, welches für die Analyse verwendet wird. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass verbale Protokolle wertvolle Hinweise darauf geben können, wie Personen an komplexe Aufgaben herangehen und ein valides Instrument in experimentellen Situationen darstellen, wenn man sie unter Beachtung der Möglichkeit betrachtet, dass Teile fehlen könnten (Sanderson, Verhage & Fuld, 1989, S. 1353).

Des Weiteren wird die Analyse von Denkprotokollen zwar als geeignet für die Darstellung individueller Wissensinhalte angesehen (Langan-Fox et al., 2000). Jedoch sehen diese Autoren Schwierigkeiten bei Vergleich und Zusammenfassung von Wissensinhalten über verschiedenen Personen hinweg. Speziell auch diese Einschränkung der Verwendung von Protokollen lauten Denkens soll durch die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise überwunden werden.

### 3.2.3 Siebenstufiges Auswertungsschema

Aus den geschilderten Gründen wird hier besonders viel Wert darauf gelegt, die Details des Auswertungsprozesses vorzustellen. Es wurde ein Auswertungsschema verwendet, bei welchem die Daten durch die Analyse und Verdichtung möglichst wenig an Validität und Aussagekraft verlieren. Es umfasst sieben Schritte.

#### *3.2.3.1 Schritt 1: Identifikation und Zuordnung der ausgeführten Bedienhandlungen und Äußerungen*

Der erste Schritt der Auswertung bestand darin, die aufgezeichneten Tastendrucksequenzen in den kombinierten chronologischen Protokollen der Bedienverläufe jedes Probanden nach ausgeführten Bedienhandlungen zu gliedern und ihnen die jeweiligen Äußerungen zuzuordnen. Dazu wurden basierend auf den zuvor identifizierten Bedienhandlungsarten (s. Abschnitt 3.2.1 und Anhang, S. 177 ff.) alle von einer Person tatsächlich ausgeführten Bedienhandlungen identifiziert und markiert. Diese von einer Person tatsächlich ausgeführten Bedienhandlungen werden im Folgenden als **Ist-Bedienhandlungen** bezeichnet.

Diejenigen Bedienhandlungen, durch welche eine Soll-Bedienhandlung des Soll-Bedienpfades erfüllt wird, wurden ebenfalls gekennzeichnet, so dass in diesem Auswertungsschritt eine Zuordnung der Ist- zu den Soll-Bedienhandlungen erreicht wurde. Aus den Dokumentationen der Bedienverläufe ist somit nach diesem Auswertungsschritt ersichtlich, welche Bedienhandlungen wann ausgeführt wurden. Des Weiteren geht daraus hervor, welche der ausgeführten Bedienhandlungen dem Soll-Bedienpfad entsprachen, welche unnötiger Weise ausgeführt worden waren und welche Äußerungen ein Proband zu jeder ausgeführten Bedienhandlung machte. Äußerungen und ausgeführte Bedienhandlungen wurden somit in gleicher Art und Weise in Handlungs-Einheiten unterteilt wie der Soll-Bedienpfad und konnten so auf der gleichen Analyse-Ebene betrachtet, d.h. direkt verglichen werden.



### 3.2.3.2 Schritt 2: Kategorisierung der Ist-Bedienhandlungen und Filterung der irrelevanten Anteile zur Identifizierung der modell-relevanten Bedienhandlungen

Nicht alle der unnötigerweise ausgeführten (überflüssigen) Bedienhandlungen sind auf Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell zurückzuführen. Einige entstehen auch aus Unachtsamkeit oder einer speziellen Absicht des Probanden außerhalb der Aufgabe. Da diese Arbeit zum Ziel hat, handlungsleitende mentale Modelle von Bedienabläufen zu untersuchen, wurden im zweiten Auswertungsschritt alle Ist-Bedienhandlungen kategorisiert und diejenigen herausgefiltert, welche keine Rückschlüsse auf die für die Ausführung entscheidenden mentalen Modelle zuließen (vgl. Abschnitt 2.3.1.3). Hierzu wurden folgende fünf Bedienhandlungs-Oberkategorien verwendet.

- 1) *Korrekt ausgeführte Soll-Bedienhandlungen* sind genau diejenigen Bedienhandlungen, welche den Soll-Bedienhandlungen des Soll-Bedienpfades entsprechen. Hier stimmt das mentale Modell eines Probanden mit dem konzeptuellen Modell des Systems überein.
- 2) *Konkrete Verwechslungen (inkl. Folge-Fehler)* entstehen, wenn ein Proband eine genaue Vorstellung (mentales Modell) davon hat, was bei seiner nächsten Bedienhandlung passieren soll. Er führt eine Bedienhandlung aus, um ein bestimmtes Ziel (einen nächsten Systemzustand) zu erreichen, diese Bedienhandlung hat jedoch einen anderen als den gewünschten Effekt. Hier hat der Proband ein konkretes mentales Modell, welches aber nicht mit dem konzeptuellen Modell des Systems übereinstimmt.
- 3) *Such- (Folge-) Bedienhandlungen* entstehen, wenn ein Proband keine genaue Vorstellung von der nächsten Bedienhandlung oder dem nächsten zu erreichenden Systemzustand hat und deshalb im Menü sucht und nach dem *trial and error* Prinzip eine oder mehrere Möglichkeiten ausprobiert. Hier verfügt der Proband über kein mentales Modell, von dem er sich bei der Bedienung leiten lassen könnte.
- 4) *Aufmerksamkeits-Fehler (Wahrnehmungs-/ Motorik- (Folge-) Fehler)* entstehen aus Unachtsamkeit des Probanden.
- 5) *Sonstige zusätzliche (Folge-) Bedienhandlungen*: Hierzu zählen Bedienhandlungen, welche ein Proband mit Absicht zusätzlich zur Aufgabenstellung ausführt, und nicht zuordenbare Bedienhandlungen.

Bedienhandlungen, welche zur Korrektur eines Fehlers ausgeführt wurden, wurden jeweils in die gleiche Kategorie gestuft wie die ursprüngliche Fehlbedienung selbst („Folge-Fehler“). Für die Einstufung einer Bedienhandlung in eine der fünf Kategorien war die zugehörige Äußerung des Probanden im Protokoll entscheidend. Es kann demnach sein,

dass die gleiche Ist-Bedienhandlung bei einem Probanden ein Such-Fehler ist, bei einem anderen Probanden jedoch eine konkrete Verwechslung, je nachdem, welche Absicht der Proband im Protokoll äußert. Im Einzelfall mehrdeutiger Äußerungen wurden die Erklärungen des Probanden aus der Erwartungsphase und der Retrospektive mit herangezogen, um die Äußerung während der Bearbeitung besser zu verstehen. Falls nicht eindeutig ersichtlich, um welche Kategorie es sich handelt, wurde die Kategorie „nicht zuordenbar“ verwendet.

Für jede Bedienhandlung der Kategorie „konkrete Verwechslungen“ wurde in Unterkategorien festgehalten, um welche Verwechslung es sich handelt, d.h. welche Funktion/ welcher Effekt mit der ausgeführten Handlung vom Probanden ursprünglich bezweckt worden war. Diese Unterkategorien wurden später zur Ermittlung der erwarteten Bedienabläufe verwendet (s. Auswertungsschritt 4).

Am Ende dieses Auswertungsschrittes war jede Bedienhandlung kategorisiert und die Häufigkeiten der Oberkategorien ermittelt über alle Probanden. Es war somit ersichtlich, welche Bedienhandlungen „Aufmerksamkeitsfehler“ und „Sonstige Fehler“ waren. Die Bedienhandlungen dieser beiden Kategorien wurden herausgefiltert und für die weitere Analyse außer Acht gelassen, da sie nicht durch Erwartungen, sondern durch Unaufmerksamkeit eines Benutzers entstanden. Übrig blieben diejenigen tatsächlich ausgeführten Bedienhandlungen, welche Rückschlüsse auf das gebildete mentale Modell zulassen.

### *3.2.3.3 Schritt 3: Ermittlung der systematischen Fehlbedienungen (auffällige/ bedeutsame Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell)*

Im dritten Auswertungsschritt wurden für jede Soll-Bedienhandlung die Anzahl der ausgeführten, modellrelevanten (=gefilterten Ist-) Bedienhandlungen gezählt. Mit Hilfe dieses und zweier weiterer Parameter wurden diejenigen Soll-Bedienhandlungen identifiziert, für welche die Probanden auf Grund von abweichenden oder nicht vorhandenen mentalen Modellen viele unnötige Bedienhandlungen ausführten. Folgende Kriterien wurden angewendet, um die auffälligen/ bedeutsamen Abweichungen zu identifizieren, sie werden im Folgenden auch als **Abweichungs-Indikatoren** bezeichnet.

- 1) Wenn für eine Soll-Bedienhandlung, gemittelt über alle Probanden, mindestens drei Bedienhandlungen benötigt wurden, um die Soll-Bedienhandlung abzuschließen, bedeutet dies, dass für diese Soll-Bedienhandlung zuerst eine falsche Bedienhandlung ausgeführt wurde, dann eine weitere Bedienhandlung, um die falsche Bedienhandlung auszugleichen und im Anschluss daran schließlich die richtige. Dies bedeutet wiederum, dass die vorhandenen Abweichungen zwischen den mentalen Modellen der

Benutzer und dem konzeptuellen Modell des Systems im Mittel zu zwei zusätzlichen Bedienhandlungen führten. Das erste Kriterium lautete demnach: Die Anzahl der bis zum Abschluss einer Soll-Bedienhandlung ausgeführten (gefilterten) Ist-Bedienhandlungen liegt bei mindestens drei. Oder kurz: Die Anzahl der Ist-pro-Soll-Bedienhandlungen ist größer/ gleich 3.

- 2) Wenn mindestens ein Viertel aller Probanden mehr als eine Bedienhandlung brauchte, um die Soll-Bedienhandlung abzuschließen, dann bedeutet dies, dass bei einem erheblichen Teil der Benutzer die erste Erwartung an den Bedienpfad nicht mit dem konzeptuellen Modell des Systems übereinstimmte. Das zweite Kriterium lautete daher: Der Anteil aller Probanden, welche für diese Soll-Bedienhandlungen mehr als eine Bedienhandlung benötigen, liegt bei mindestens 25%.
- 3) Wenn für eine Soll-Bedienhandlung Daten von zu wenigen Probanden vorliegen, dann ist die Datenbasis für Erkenntnisse über mentale Modelle zu klein. Das dritte Kriterium lautete demnach: Mindestens acht Probanden haben diese Soll-Bedienhandlung bearbeitet.

Solche Soll-Bedienhandlungen des Bedienablaufes einer Aufgabe, für welche alle drei Kriterien zutrafen, wurden als in auffälliger/ bedeutsamer Weise abweichend von den mentalen Modellen der Benutzer identifiziert und in die weitere Analyse mit einbezogen. Durch Kriterien 2) und 3) wurde dabei ausgeschlossen, dass dies nicht auf Grund von Extremwerten für Erwartungen von Einzelpersonen geschah. Bestimmte Soll-Bedienhandlungen wurden dann weiter betrachtet, wenn die mittlere Anzahl der ausgeführten Bedienhandlungen bei mindestens zwei lag (anstatt bei drei, wie in Kriterium 1 gefordert). Dies galt bei denjenigen Soll-Bedienhandlungen, für welche eine einzige Bedienhandlung ausreichte, um die erste Fehlbedienung auszugleichen und damit gleichzeitig auch die Soll-Bedienhandlung zu erfüllen.

Am Ende dieses Auswertungsschrittes waren diejenigen Soll-Bedienhandlungen identifiziert, bei deren Bearbeitung besonders viele zusätzliche Bedienhandlungen ausgeführt wurden, welche auf ein vom konzeptuellen Modell abweichendes (oder nicht vorhandenes) mentales Modell schließen lassen. Damit waren als bedeutsame Abweichungen diejenigen Stellen im Bedienablauf erkannt, an denen systematische Fehlbedienungen entstehen, weil die im System implementierten Bedienabläufe von den Erwartungen der Benutzer abweichen.

#### *3.2.3.4 Schritt 4: Häufigkeiten der erwarteten Bedienabläufe: Ermittlung des Grades der interindividuellen Übereinstimmung*

In diesem Schritt wurden aus den Protokollen Informationen über die mentalen Modelle extrahiert, welche die hohe Zahl der überflüssigen Bedienhandlungen bei den zuvor als bedeutsam vom mentalen Modell abweichend eingestuften Soll-Bedienhandlungen auslösten. Dazu wurden für jede abweichende Soll-Bedienhandlung die jeweils zuerst ausgeführten (gefilterten) Bedienhandlungen aller Probanden betrachtet.

Die Häufigkeiten dieser zuerst ausgeführten Bedienhandlungen wurden gezählt, so dass ermittelt werden konnte, welche Erwartungen bei welchem Anteil der Probanden für jede der abweichenden Soll-Bedienhandlungen bestanden. Für alle „konkreten Verwechslungen“ aus Schritt 2 wurde gezählt, welche Bedienhandlung tatsächlich statt der Soll-Bedienhandlung ausgeführt wurde.

Es ergaben sich unterschiedliche mögliche Verteilungen der Erwartungen unter den Probanden: Eine konkrete, vom konzeptuellen Modell abweichende Erwartung, welche 50% oder mehr der Probanden gemeinsam hatten, wurde als „mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung“ oder „Erwartung mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung“ für diese Soll-Bedienhandlung bezeichnet. Eine Erwartung, welche zwischen 25% und 50% der Probanden gemeinsam hatten, wurde als „mentales Modell mit mittel hoher interindividueller Übereinstimmung“ bezeichnet. Für Soll-Bedienhandlungen, bei denen entweder alle konkreten Erwartungen von weniger als 25% der Probanden geteilt wurden oder bei denen der größte Teil der Benutzer kein konkretes Modell hatte, wird von „mentalenen Modellen mit niedriger interindividueller Übereinstimmung“ gesprochen.

#### *3.2.3.5 Schritt 5: Grafische Darstellung zur Visualisierung der Abweichungen zwischen Erwartungen und System*

Der fünfte Auswertungsschritt führte schließlich zur grafischen Darstellung der erwarteten Bedienabläufe. Für jede auffällig abweichende Soll-Bedienhandlung wurden in das konzeptuelle Modell einer Aufgabe die abweichenden Erwartungen als zusätzliche Pfeile eingezeichnet. Die Linienstärke der Pfeile war jeweils proportional zu dem prozentualen Anteil an Probanden, welche diese Erwartung gemeinsam hatten. Je öfter also die abweichende Erwartung vorkam (prozentualer Wert), desto dicker der Pfeil. So konnten die erwarteten Bedienabläufe visualisiert und direkt mit den implementierten verglichen werden.

### *3.2.3.6 Schritt 6: Ermittlung der Ursachen für die Abweichungen zwischen Erwartungen und System*

In diesem Schritt wurde ermittelt, durch welche Merkmale des Systems die einzelnen Abweichungen zwischen Erwartung und System ausgelöst wurden. Eine Soll-Bedienhandlung konnte entweder bezüglich der Bezeichnung/en von Menü-Elementen, bezüglich der Struktur/ Reihenfolge des Bedienablaufes oder bezüglich des Mappings zwischen Bedienelement und Menüdarstellung von der erwarteten Bedienhandlung abweichen (vgl. Abschnitt 2.3.1). Für diese Einteilung wurden neben den Äußerungen während der Bearbeitung auch die Äußerungen in den Protokollen aus der Erwartungs- und Retrospektive mit einbezogen.

Die Einteilung der abweichenden Erwartungen nach ihren Ursachen war die Grundlage für die Identifizierung der systemunabhängigen Aspekte. Erwartungen, welche sich auf die Bezeichnungen im Menü beziehen, und Erwartungen, welche sich auf die Struktur/ Reihenfolge von Bedienschritten beziehen, gelten nicht nur für ein spezielles System, sondern generell für FIS (und vielleicht sogar darüber hinaus für weitere technische Geräte). Erwartungen bezüglich des Mappings zwischen Bedienelementen und Menüdarstellung können entweder systemspezifisch oder systemübergreifend sein, daher wurde jede der bezüglich des Mappings abweichenden Erwartungen entsprechend den Bedienelementen, auf welche sie sich jeweils beziehen, einzeln danach eingestuft, ob diese Erwartungen auch auf Bedienelemente anderer Systeme verallgemeinerbar sind oder nicht.

### *3.2.3.7 Schritt 7: Ermittlung des Anteils überflüssiger Bedienhandlungen für verschiedene Erwartungen und des Nutzens bestimmter Gestaltungsempfehlungen*

In diesem Schritt wurde ermittelt, wie viele Fehlbedienungen vermieden werden könnten, wenn die Bedienabläufe des Systems genau den Benutzererwartungen mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung der Probanden entsprächen. Dazu wurde für jede Soll-Bedienhandlung, für welche eine abweichende Erwartung mit hoher interindividueller Übereinstimmung ermittelt worden war, gezählt, wie viele Bedienhandlungen eine Person ausführte, um die Soll-Bedienhandlung abzuschließen, nachdem die Fehlbedienung entsprechend dieser Erwartung ausgeführt worden war. Hätte das System der Mehrheits-Erwartung entsprochen, so wäre mit dieser Bedienhandlung die Soll-Bedienhandlung bereits erfüllt gewesen und alle überflüssigen Bedienhandlungen, die dieser Soll-Bedienhandlung noch folgten, wären nicht ausgeführt worden.

Diese Größe kann für den Hersteller als Anhaltspunkt dafür gelten, welcher Nutzen in Bezug auf die Vermeidung überflüssiger Bedienhandlungen bei Erstbedienern durch bestimmte Gestaltungsmaßnahmen erzielt werden könnte.

### **3.3 Design und Hypothesen Studie A**

Hauptsächliches Ziel der Studie A war, auf explorativem Wege die Abweichungen zwischen Erwartungen und implementierten Bedienabläufen aufzudecken. Ein weiteres Ziel war, Transfereffekte nachzuweisen, welche durch die Implementierung unterschiedlicher Bedienabläufe für ähnliche Aufgaben entstehen. Dieses Unterkapitel beschreibt nun, welche Aufgaben und Maße verwendet wurden, um diese beiden Ziele zu erreichen und welche Hypothesen bezüglich der Transfereffekte in Studie A überprüft werden sollten.

#### **3.3.1 Untersucher Funktionsumfang, Aufgabenreihenfolge, Gruppen**

Gegenstand der Untersuchung waren alle typischen Bedienaufgaben der Funktionsbereiche Navigation, Telefon, SMS, Adressbuch, CD und Radio. Jeder Proband wurde nach Alter parallelisiert zufällig einer von drei Gruppen zugewiesen, welche teils gleiche, teils unterschiedliche Aufgaben bearbeiteten. Die Aufteilung der Aufgaben auf die Gruppen wurde so gewählt, dass möglichst viele Aufgaben von möglichst vielen Probanden in natürlicher Reihenfolge bearbeitet werden konnten (vgl. Abschnitt 3.1.3.1) und gezielt Transfereffekte untersucht werden konnten. Insgesamt wurden 38 Aufgaben bearbeitet, welche in 159 Soll-Bedienhandlungen unterteilt waren.

Gruppe 1 bearbeitete in der ersten Untersuchungshälfte schwerpunktmäßig den Funktionsbereich Navigation, Gruppe 2 den Funktionsbereich Telefon und Gruppe 3 den Funktionsbereich SMS (welcher eine eigenständige Applikation bildet). Alle drei Gruppen bearbeiteten außerdem in der zweiten Untersuchungshälfte Aufgaben aus den Bereichen Adressbuch und Audio. Eine Übersicht über die verwendeten Aufgaben findet sich im Anhang (Tabelle 7-3).

Die Aufgabenanalyse zur Erstellung des konzeptuellen Modells (vgl. Abschnitt 3.2.1) hatte für System A ergeben, dass sich die Speichervorgänge der Applikationen Navigation, Telefon, SMS und Adressbuch unterschieden. Auf Grund dieser Unterschiede wurden in Abhängigkeit des zuerst bearbeiteten Funktionsbereiches (Navi, Telefon oder SMS) Transfereffekte für die später bearbeitete Aufgabe „Adressbucheintrag anlegen“ erwartet.

Die Speichervorgänge unterschieden sich darin, wie am Ende der Dateneingabe der Vorgang abgeschlossen werden kann. Beim Speichern im Funktionsbereich Navigation wird

der Prozess abgeschlossen durch Bestätigen der Option „ok“ im Speller mit der OK-Taste<sup>4</sup> und beim Speichern im Funktionsbereich SMS durch kurzes Drücken der OK-Taste. Beide Male wird demnach der Terminus „OK“ gebraucht. Beim Speichern in den Funktionsbereichen Telefon und Adressbuch dagegen hat die OK-Taste keine Funktion, es muss stattdessen der Softkey „zurück“ gedrückt werden. Es ergibt sich ein experimentelles Design mit dem zweistufigen *between*-Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ (Gruppe 2 vs. Gruppe 1 oder 3) und dem ebenfalls zweistufigen *within*-Faktor „Messzeitpunkt“ (erste vs. zweite Speicherhandlung). In Abschnitt 3.3.3 wird beschrieben, welche Hypothesen sich konkret daraus ergaben.

### 3.3.2 Erhobene Maße, extrahiert aus den Protokollen

Im Folgenden findet sich zusammenfassend eine Auflistung der Maße, welche in Studie A erhoben wurden. Sie wurden wie in Abschnitt 3.2.3 beschrieben aus den Protokollen extrahiert:

Insgesamt:

- Häufigkeiten aller Bedienhandlungen in den Bedienhandlungs-Oberkategorien (für Filterung entsprechend Schritt 2)

Pro Soll-Bedienhandlung (objektiver Schwierigkeits-Indikator):

- Bedieneffektivität (Anzahl gefilterte Ist-/ Soll-Bedienhandlungen für Identifizierung der abweichenden Soll-Bedienhandlungen entsprechend Schritt 3)

Pro abweichende Soll-Bedienhandlung:

- Art der ersten Fehlbedienung (als Hinweis auf erwartete Bedienhandlung entsprechend Schritt 4)
- Häufigkeiten für erste Fehlbedienungen (zur Ermittlung und grafischen Darstellung der interindividuellen Übereinstimmung der Erwartungen nach Schritten 4 und 5)
- Ursache für Abweichung des mentalen vom konzeptuellen Modell (nach Schritt 6)
- Anteil der Bedienhandlungen, welche nach dem Hauptfehler noch folgten (zur Darstellung des Nutzens bestimmter Gestaltungsempfehlungen nach Schritt 7)

---

<sup>4</sup> Genau genommen ist die beim Speichern eines Navigationsziels betrachtete Bedienhandlung "eingegebene Buchstaben bestätigen" nicht die letzte, sondern die vorletzte Bedienhandlung des Speichervorgangs. Diese Bedienhandlung entspricht jedoch insofern den Bedienhandlungen, die bei den anderen genannten Aufgaben den Speichervorgang abschließen ("Daten speichern und Eingabemaske verlassen"), als dass hiermit die eingegebenen Zeichen bestätigt werden und im Anschluss nur noch die Einstufung nach privat/ geschäftlich folgt.

### 3.3.3 Hypothesen für Studie A

Auf Grund der unterschiedlich implementierten Speichervorgänge wurden folgende Transfereffekte erwartet: Es wurde vermutet, dass Probanden, welche den ersten Speichervorgang mit „OK“ abschließen mussten (Gruppen 1 und 3), weniger Probleme mit diesem Speichervorgang haben würden, als Probanden, welche ihn mit „zurück“ abschließen mussten (Gruppe 2). Außerdem wurde vermutet, dass sich für diejenigen Probanden ein positiver Transfereffekt zeigt, welche sowohl in ihrer Schwerpunkt-Applikation als auch bei der Transferaufgabe aus dem Adressbuch den Speichervorgang auf gleiche Weise (über „zurück“) abschließen konnten (Gruppe 2 Telefon). Des Weiteren wurde vermutet, dass diejenigen Probanden, welche den ersten Speichervorgang anders abschließen mussten als den zweiten (Gruppen 1 und 3, Navigation und SMS) einen negativen Transfereffekt erleben würden.

Hypothese A1: Unterschied zw. den Gruppen bei erster Speicherhandlung

Probanden der Gruppen 1 und 3 führen bei ihrer ersten Speicherhandlung („Daten speichern und Eingabemaske verlassen“) weniger unnötige Bedienhandlungen aus, als die Probanden der Gruppe 2.

Hypothese A2: Unterschied zw. den Gruppen bei zweiter Speicherhandlung

Probanden der Gruppe 2 führen bei ihrer zweiten Speicherhandlung weniger Bedienhandlungen aus als Probanden der Gruppen 1 und 3.

Hypothese A3: Positiver Transfereffekt bei Speicheraufgaben der Gruppe 2

Probanden der Gruppe 2 führen bei ihrer zweiten Speicherhandlung (Adressbuch) weniger unnötige Bedienhandlungen aus als bei ihrer ersten Speicherhandlung (Telefon).

Hypothese A4: Negativer Transfereffekt bei Speicheraufgaben der Gr. 1 und 3

Probanden der Gruppen 1 und 3 führen bei ihrer zweiten Speicherhandlung (Adressbuch) mehr unnötige Bedienhandlungen aus als bei ihrer ersten Speicherhandlung (Navi bzw. SMS).

Hypothese A5: Interaktion zwischen der Gruppenzugehörigkeit (Gruppe 1 und 3 vs. Gruppe 2) und dem Messzeitpunkt (1. Speicherhandlung vs. 2. Speicherhandlung)

Während die Zahl der ausgeführten Bedienhandlungen für die Probanden der Gruppe 2 von der ersten zur zweiten Speicherhandlung abnimmt, führen die Probanden der Gruppen 1 und 3 bei der zweiten Speicherhandlung mehr Bedienhandlungen aus als bei der ersten Speicherhandlung.



### 3.4 Ergebnisse Studie A

Dieses Unterkapitel beschreibt die Ergebnisse der Studie A. Ergänzend zu der zusammenfassenden Darstellung hier findet sich eine detaillierte Übersicht der Daten im Anhang. Zuerst werden die Erwartungen der Benutzer an die Bedienabläufe des Systems A beschrieben, wobei auf die Ursachen für Abweichungen zwischen mentalen und konzeptuellen Modellen eingegangen wird. Anschließend folgen die Ergebnisse zu den Transfereffekten und schließlich eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

#### 3.4.1 Benutzererwartungen an Bedienabläufe des Systems A

Nach einer kurzen Schilderung der Ergebnisse zu den einzelnen Schritten des Auswertungsschemas, welches in Kapitel 3.2.2 beschrieben wurde, werden die ermittelten Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und implementierten Bedienabläufen des Systems A beschrieben.

##### 3.4.1.1 Identifizierung, Kategorisierung und Filterung der modellrelevanten Bedienhandlungen (Schritte 1 und 2)

Insgesamt wurden von 34 Probanden 6498 Bedienhandlungen ausgeführt, im Mittel von jedem Probanden also 191,1 ( $s=60,71$ ). Tabelle 3-1 zeigt die Anzahl der Bedienhandlungen in den Bedienhandlungs-Oberkategorien nach Schritt 2 der Analyse.

Tabelle 3-1: Kategorisierung aller ausgeführten Bedienhandlungen, Studie A

Bedienhandlungs-Oberkategorie	Summe (alle Pbn)	Prozent
Korrekt ausgeführte Soll-Bedienhandlungen (adäquates mentales Modell)	2162	33,27%
Konkrete Verwechslungen (abweichendes mentales Modell)	777	11,96%
Such-Bedienhandlungen (kein mentales Modell)	2275	35,01%
Aufmerksamkeits-Fehler (irrelevant, gefiltert)	543	8,36%
Sonstige zusätzliche Bedienhandlungen (irrelevant, gefiltert)	741	11,4%

Relevant für die Ermittlung der mentalen Repräsentationen waren neben 2162 (=33,27%) **korrekt ausgeführten Soll-Bedienhandlungen** 777 (=11,96%) **konkrete Verwechslungen**, welche durch ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell entstanden und 2275 (=35,01%) **Such-Bedienhandlungen**, denen kein konkretes mentales Modell zu Grunde lag. Als nicht für die Ermittlung der mentalen Modelle relevant wurden 543 (=8,36%) Bedienhandlungen der Kategorie **Aufmerksamkeits-Fehler** und 741 (=11,4%)

Bedienhandlungen der Kategorie **sonstige zusätzliche Bedienhandlungen** herausgefiltert und nicht in die weitere Analyse mit einbezogen.

#### *3.4.1.2 Ermittlung der bedeutsamen Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und System (Schritt 3)*

In diesem Schritt wurden diejenigen Soll-Bedienhandlungen identifiziert, für welche auf Grund von abweichenden oder nicht vorhandenen mentalen Modellen besonders viele zusätzliche Bedienhandlungen ausgeführt wurden.

Bei 19 der 38 bearbeiteten Aufgaben wurden bei einigen Soll-Bedienhandlungen die Schwellwerte der Abweichungs-Indikatoren überschritten, 20 Aufgaben enthielten dagegen keine in auffälliger Weise abweichenden Soll-Bedienhandlungen. Im Mittel über alle Probanden wurden zwischen einer und 16,82 modellrelevante Bedienhandlungen für eine Soll-Bedienhandlung ausgeführt (Mittelwert über alle Soll-Bedienhandlungen =2,27). Für 30 (=18,7%) der insgesamt 159 untersuchten Soll-Bedienhandlungen bestanden bedeutsame Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell (vgl. Abschnitte 3.4.1.3 und 3.4.1.4). Für die übrigen 82,3% der Soll-Bedienhandlungen bestanden keine bedeutsamen Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell. Die genauen Werte der Abweichungs-Indikatoren für alle abweichenden Soll-Bedienhandlungen finden sich im Anhang in Tabelle 7-6.

#### *3.4.1.3 Ermittlung und Visualisierung der interindividuellen Übereinstimmung für Benutzererwartungen (Schritte 4 und 5)*

In diesem Schritt wurde ermittelt, welche Erwartungen bei welchem Anteil der Probanden für die einzelnen abweichenden Soll-Bedienhandlungen bestanden.

Für neun der abweichenden Soll-Bedienhandlungen ergaben sich mentale Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung (mehr als 50% der Probanden hatten die gleiche Erwartung). Für diese neun Soll-Bedienhandlungen erwartete demnach die Mehrheit der Probanden einen anderen Bedienablauf als im System implementiert ist und stimmte darin überein, welchen anderen Bedienablauf sie erwartete. Eine Anpassung des Systems an diese Erwartungen würde demnach einem Großteil der Probanden unnötige Bedienhandlungen ersparen (vgl. Abschnitt 3.4.1.4, Tabelle 3-2). Abschnitt 3.4.1.5 beschreibt diese mentalen Modelle und ihre systemunabhängigen Anteile.

Mentale Modelle mit mittel hoher interindividueller Übereinstimmung ergaben sich für zwölf der abweichenden Soll-Bedienhandlungen (25% bis 50% der Probanden hatten die gleiche Erwartung). Für die übrigen neun abweichenden Soll-Bedienhandlungen ergaben

sich Erwartungen mit niedriger interindividueller Übereinstimmung. Entweder hatten weniger als 25% der Probanden jeweils die gleiche Erwartung für eine Soll-Bedienhandlung oder die meisten Probanden hatten gar keine konkrete Erwartung und führten Such-Bedienhandlungen aus (*trial and error* Verhalten).

Eine verbale Beschreibung aller Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell und eine Einteilung ihrer Ursachen erfolgt im Anhang in Tabelle 7-6. Auch die mentalen Modelle mit mittel hoher und niedriger interindividueller Übereinstimmung und die Abweichungs-Ursachen wurden zur Vorhersage des Bedienverhaltens in Studie B herangezogen (vgl. Abschnitt 4.2.3.1).

#### *3.4.1.4 Ursachen für die Abweichungen zwischen erwarteten und implementierten Bedienabläufen und Vorteile durch systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen (Schritte 6 und 7)*

In den Auswertungsschritten 6 und 7 wurden zunächst die Ursachen für die Abweichungen zwischen Erwartungen und System ermittelt und danach aufgezeigt, wie viele der unnötigerweise ausgeführten Bedienhandlungen durch systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen vermieden werden könnten.

Bei 16 der Abweichungen zwischen Erwartung und System konnte eine erwartungskonträge Menüpunkt-Bezeichnung (Label) als Ursache identifiziert werden. Bei 12 Soll-Bedienhandlungen war eine von der Erwartung abweichende Struktur des Menüs Ursache für die auffällige Abweichung zwischen Erwartung und System und bei zwei Soll-Bedienhandlungen war ein von der Erwartung abweichendes Mapping zwischen Bedienelement und seiner Auswirkung im Menü ausschlaggebend.

Die folgende Tabelle 3-2 zeigt die Ursachen für die wichtigsten Abweichungen zwischen Erwartung und System sowie die zugehörigen empfohlenen systemspezifischen Gestaltungsmaßnahmen und den Anteil der durch sie potentiell vermeidbaren Fehlbedienungen. Die Ursachenzuordnungen der übrigen festgestellten auffälligen Abweichungen sind der Tabelle 7-6 des Anhangs zu entnehmen. Insgesamt könnten durch die in Tabelle 3-2 beschriebenen Gestaltungsmaßnahmen 986 (88,8%) der 1110 für die aufgeführten Soll-Bedienhandlungen unnötigerweise ausgeführten zusätzlichen Bedienhandlungen vermieden werden.

Tabelle 3-2: Ursachen für Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell in System A, Beispiele für solche Abweichungen und Anteil der durch Umsetzung systemspezifischer Gestaltungsvorschläge vermeidbaren Fehlbedienungen

auff. Abw.		Bsp. für auffällige Abweichung zw. Erwartung und System bzgl. dieser Ursache	Gestaltungsvorschlag zur Angleichung des Systems an die Benutzererwartung	Vermeidb. Fehlbed.
Ursache	Anz.			
Bezeichnung	16	„OK“ wird anstatt „zurück“ erwartet als Abschluss eines Speichervorgangs.	Beim Speichern einer Telefonnr. oder eines Adressbucheintrages, zusätzl. SK „speichern“ anbieten	92,2%
		„OK“ wird erwartet als Abschluss für Bediensequenz, z.B. zum Beenden eines Telefongesprächs.	Beenden eines Telefongesprächs mit „OK“ ermöglichen	100%
		„OK“ wird erwartet als „weiter“ zum nächsten Schritt.	Wechsel zur Eingabe des Nachrichtentextes beim Verfassen einer Nachricht und zum nächsten Eingabefeld beim Anlegen/ Editieren eines Adressbucheintrages über „OK“ implementieren	61,3%
		Funktion „Radiosender speichern“ ist versteckt unter langem Tastendruck und nicht explizit bezeichnet.	Durch kurzen Tastendruck das Speichern eines Radiosenders aus dem Menü „Speicher“ ermöglichen, wenn nötig durch zusätzlichen Bedienschritt	96,6%
Struktur	12	Die Funktionsbereiche „SMS“ und „Adressbuch“ werden im Obermenü „TEL“ und nicht unter „SERV“ erwartet.	Zugang zu den Funktionsbereichen „SMS“ und „Adressbuch“ je als Softkey im Menü „TEL“ implementieren (als Unterfunktionen des Telefons)	98%
		Manuelle Titelvahl erfordert unerwarteten, vorangestellten Schritt.	Manuelle Titeleingabe direkt über Zifferntasten ohne Betätigung der Sterntaste ermöglichen	34,8%
Mapping	2	Zuordnung der vertikalen Pfeiltasten bei der Funktion „skip“ ist entgegen der Erwartungen.	Richtung der Pfeiltasten vertauschen: „nach unten“= nächster, „nach oben“= voriger Titel	72,7%
		Softkey wird statt Pfeiltaste betätigt, um Posteingang zu öffnen.	Posteingang als Standardordner beim Öffnen der SMS-Funktionalität definieren	100%

### 3.4.1.5 Mentale Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung und ihre systemunabhängigen Aspekte

Neben der Ableitung von systemspezifischen Gestaltungsvorschlägen diene die Analyse der Abweichungs-Ursachen hauptsächlich der Feststellung der systemunabhängigen Aspekte der Benutzererwartungen. Es wurde festgestellt, welche Aspekte der Erwartungen unabhängig von dem konkreten Bedienkonzept des Systems A auch für FIS mit anderen Bedienkonzepten im Allgemeinen gelten. So bildete diese Analyse der Ursachen gemeinsam mit der Betrachtung des konzeptuellen Modells des Systems B die Grundlage für die Bildung konkreter Vorhersagen für das Bedienverhalten der Probanden in Studie B. Dieser Abschnitt beschreibt inhaltlich die Abweichungen und ihre Ursachen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell für die neun Erwartungen mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung. Um ein konkretes Bild von der Bediensituation wiederzugeben, erfolgt die grafische Darstellung hier mit Hilfe schematischer Abbildungen des jeweiligen Systemstandes. Im Anhang erfolgt die grafische Darstellung in der abstrakteren Form der Status-Übergangs-Diagramme (Abbildung 7-3 bis Abbildung 7-17). Die ersten acht dieser Erwartungen ergaben sich für einzelne Soll-Bedienhandlungen.

Abbildung 3-4 zeigt die Erwartungen der Probanden für das Abspeichern einer Telefonnummer aus einer Anrufliste. Es ergab sich eine vom implementierten Bedienablauf abweichende Erwartung mit hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung „Daten speichern und Eingabemaske verlassen“. Nach Auswahl der zu speichernden Nummer und Eingabe des Namens zu dieser Nummer erwarteten alle Probanden (n=11), die OK-Taste drücken zu können, um den Speichervorgang abzuschließen. Statt dieser (in dieser Situation funktionslosen) Taste wäre hier die „zurück“-Taste zu drücken gewesen, was von keinem der Probanden erwartet wurde.

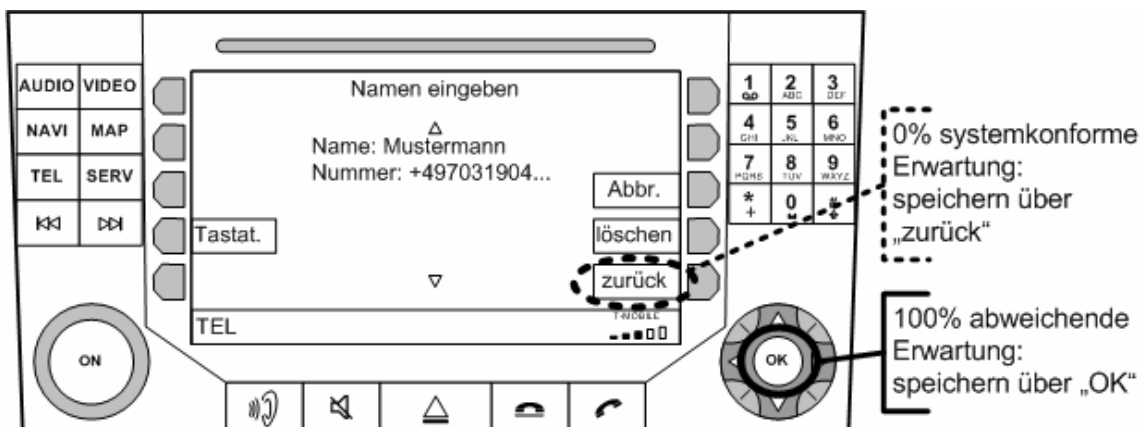


Abbildung 3-4: Erwartungen der Probanden beim Speichern einer Telefonnummer aus einer Anrufliste, Studie A; n=11

Diese Abweichung zwischen mentalem und konzeptuellem System ist zurückzuführen auf die von den Probanden unerwartete Bezeichnung „zurück“. Aus den Protokollen geht hervor, dass die Probanden stattdessen das Wort „speichern“ oder „weiter“ erwartet hätten und dass „OK“ dieser Erwartung noch am nächsten kommt. Da diese Erwartung bezüglich der Bezeichnung sich nicht auf ein spezifisches Bedienelement des Systems A bezieht, sondern generell auf die Bezeichnung dieser als nächstes auszuführenden Funktion, kann angenommen werden, dass die Probanden auch für ein System mit anderem Bedienkonzept erwarten würden, den Speichervorgang mit „speichern“ oder „weiter“ (wenn keines von beiden vorhanden auch mit „OK“) abschließen zu können.

Abbildung 3-5 zeigt die Erwartungen der Probanden für das Öffnen der SMS-Funktionalität. Es ergab sich eine vom konzeptuellen Modell abweichende Erwartung mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung „Grundmenü ‚Service‘ aufrufen“. Anstatt im Grundmenü „Service“ vermuteten ca. 92% der Probanden (n=12) die SMS-Funktionalität in der Telefon-Applikation und öffneten diese über die Taste „TEL“. Die Erwartung der übrigen Probanden (8%) stimmte mit dem implementierten Bedienablauf überein, sie drückten die Taste „SERV“.

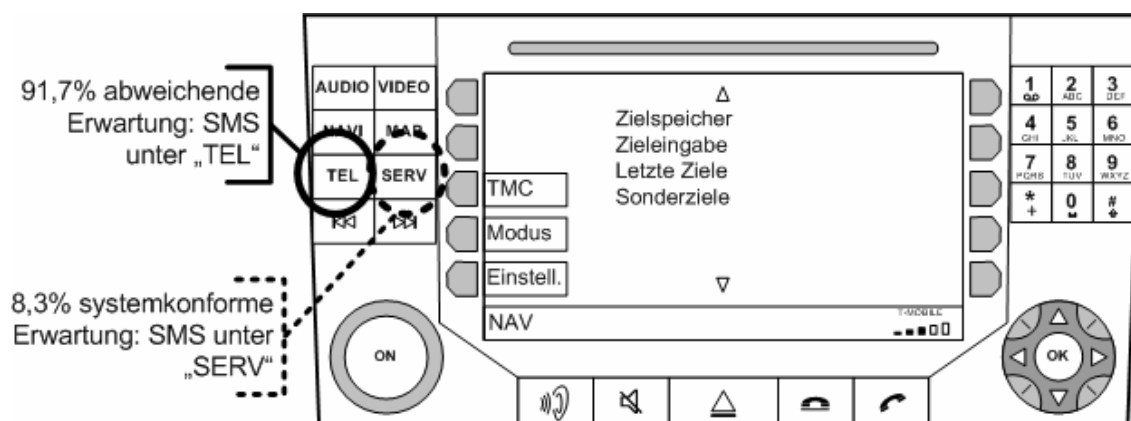


Abbildung 3-5: Erwartungen der Probanden an die Menü-Zuordnung der SMS-Funktion, Studie A; n=12

Diese Abweichung vom erwarteten Bedienablauf ist zurückzuführen auf die Zuordnung des Funktionsbereiches SMS zu „Service“ anstatt „Telefon“ und damit auf eine von den Probanden nicht erwartete Menüstruktur. Auch diese Erwartung ist unabhängig von speziellen Merkmalen des Bedienkonzeptes des Systems A und es kann angenommen werden, dass Probanden auch für ein System mit anderem Bedienkonzept erwarten würden, die SMS-Funktionalität im Funktionsbereich Telefon zu finden.

Abbildung 3-6 zeigt die Erwartungen der Probanden für das Öffnen der Adressbuch-Funktionalität. Hier ergab sich ebenfalls ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung

„Grundmenü ‚Service‘ aufrufen“. Auch den Funktionsbereich Adressbuch vermutete die Mehrheit der Probanden (73,5%,  $n=34$ ) bei der ersten Benutzung demnach in der Telefon-Applikation (Taste „TEL“). Die Erwartung von 20,6% der Probanden stimmte hier mit dem System überein (Taste „SERV“).

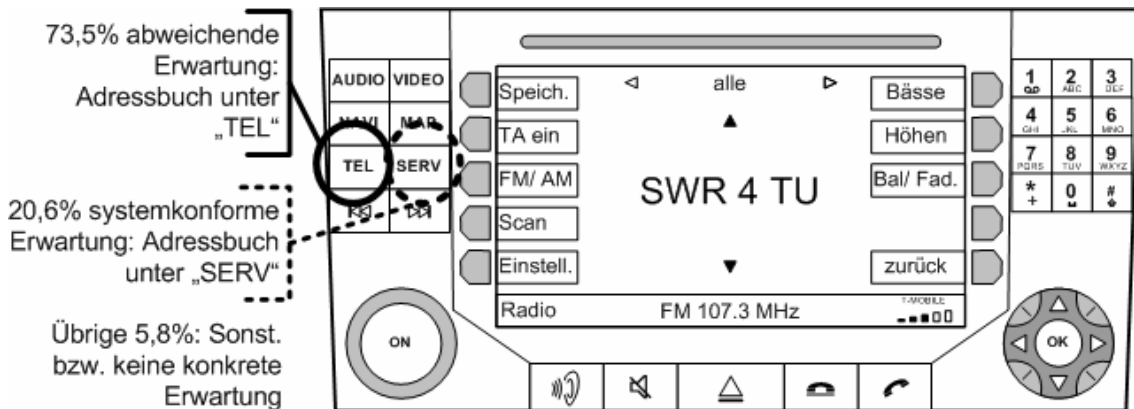


Abbildung 3-6: Erwartungen der Probanden an die Menü-Zuordnung der Adressbuch-Funktion, Studie A;  $n=34$

Ähnlich wie bei der zuvor beschriebenen unerwarteten Zuordnung der SMS-Funktionalität bezieht sich auch diese Erwartung der Probanden auf den systemunabhängigen Aspekt der Menüstruktur und es kann davon ausgegangen werden, dass auch die Adressbuch-Funktionalität in einem System mit anderem Bedienkonzept im Funktionsbereich Telefon erwartet würde.

Abbildung 3-7 zeigt die Erwartungen der Probanden für den Wechsel zum nächsten Eingabefeld beim Verfassen einer SMS-Nachricht. Es ergab sich ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung „Wechsel zum nächsten Eingabefeld“. Nach Eingabe der Empfänger-Telefonnummer erwarteten 66,7% der Probanden ( $n=11$ ), die OK-Taste drücken zu können, um zur Eingabe des Nachrichten-Textes zu gelangen. Statt der (funktionslosen) OK-Taste, wäre hier der Softkey „Text“ zu drücken gewesen, mit dem man zum Bildschirm für die Eingabe des Nachrichten-Textes gelangt. Dies erwarteten 25% der Probanden.

Diese Abweichung des Soll-Bedienpfades von der Erwartung der Probanden ist auf die vom Bedienkonzept des Systems A unabhängige, unerwartete Bezeichnung „Text“ zurückzuführen. Wiederum geht aus den Protokollen hervor, dass stattdessen ein „weiter“ besser den Erwartungen entsprochen hätte und dass „OK“ von den Probanden als Abschluss dieses Bedienschrittes im Sinne von „weiter zum nächsten“ angesehen wurde. Für ein System mit anderem Bedienkonzept würde diese Erwartung an die Bezeichnungen „OK“ bzw. „weiter“ vermutlich ebenfalls bestehen.

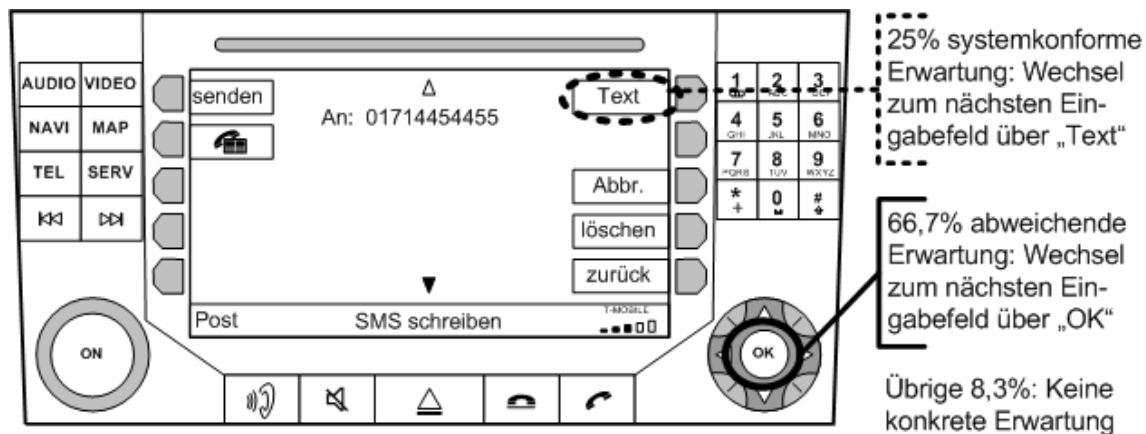


Abbildung 3-7: Erwartungen der Probanden an den Wechsel zum nächsten Eingabefeld beim Verfassen einer SMS-Nachricht, Studie A; n=11

Abbildung 3-8 zeigt die Erwartungen der Probanden bei der manuellen Anwahl eines bestimmten CD-Titels. Es ergab sich ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung „manuelle Titeleingabe aktivieren“. Anstatt zu Beginn der Aufgabe über die Sternchen-Taste das Dialogfeld für die manuelle Titeleingabe zu öffnen, benutzten 58,3% der Probanden (n=12) mehrmals die skip-Funktion, um zu dem gewünschten Titel zu wechseln. 41,7% der Probanden erwarteten, einen bestimmten Titel durch Drücken der zugehörigen Zifferntaste direkt abspielen zu können, anstatt zuerst die manuelle Titeleingabe über die Sternchen-Taste zu aktivieren. Keiner der Probanden erwartete den im System implementierten Ablauf.

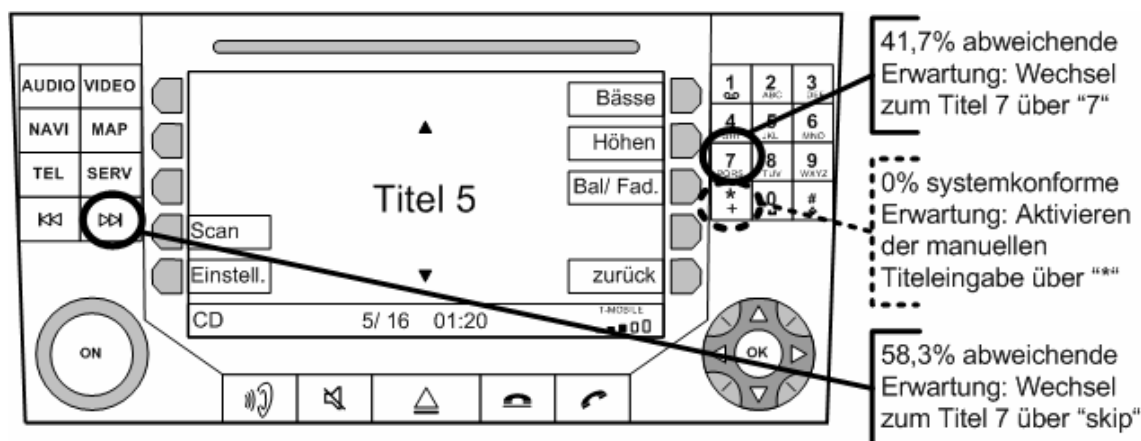


Abbildung 3-8: Erwartungen der Probanden bei der manuellen Anwahl eines bestimmten CD-Titels, Studie A; n=12

Hier weicht der implementierte Bedienablauf bezüglich seiner Reihenfolge und damit die Menüstruktur von den Erwartungen der Probanden ab. Dieser Aspekt ist unabhängig von den Bedienelementen des Systems A, denn ein vorangestellter Bediensschritt zum Aktivieren der manuellen Titeleingabe generell wird nicht erwartet. Allerdings bezieht sich die



Erwartung der Probanden für die folgende Bedienhandlung im Speziellen auf die Zifferntasten des Systems A. Insofern also Zifferntasten oder eindeutig mit Ziffern bezeichnete Menüpunkte an einem System vorhanden sind, kann man davon ausgehen, dass Benutzer auch bei anderen Systemen erwarten würden, die Nummer eines gewünschten Titels ohne vorangestellten Bedienschritt direkt über die Ziffern eingeben zu können.

Abbildung 3-9 zeigt die Erwartungen der Probanden bei der Aufgabe „Telefonnummer anrufen“. Es ergab sich ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung „Gespräch beenden“. Um das Telefongespräch zu beenden, erwarteten 54,6% der Probanden (n=11), die OK-Taste drücken zu können, obwohl ein entsprechender Menüpunkt nicht vorhanden ist, der dadurch bestätigt würde. Richtig wäre es gewesen, die „Auflegen“-Taste unterhalb des Displays zu drücken, welche aber nur 45,5% der Probanden auf Anhieb fanden.

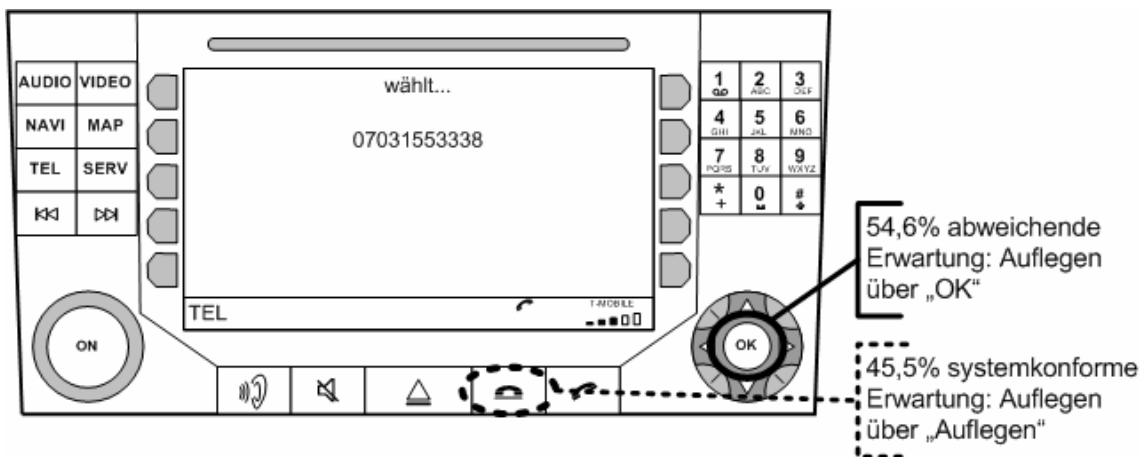


Abbildung 3-9: Erwartungen der Probanden bei der Beendigung eines Telefongesprächs, Studie A; n=11

Diese abweichende Erwartung geht einerseits zurück auf die Bezeichnung der OK-Taste, denn aus den Protokollen geht hervor, dass die Probanden „OK“ im Sinne von „fertig“ verstehen. Dieser Teil der Erwartung ist unabhängig von spezifischen Hardware-Eigenschaften des Systems und kann daher auch für Systeme mit anderem Bedienkonzept angenommen werden. Andererseits wird die „Auflegen“-Taste trotz eindeutigen Symbols auf Grund ihrer unerwarteten Position nicht mit der Funktion Auflegen in Verbindung gebracht. Sicherlich könnte durch eine günstigere Anordnung der Tasten in einem anderen System bei Benutzern das mentale Modell unterstützt werden, dass diese Taste zum Auflegen verwendet werden kann.

Abbildung 3-10 zeigt die Erwartungen der Probanden beim Abspeichern eines Radiosenders. Es ergab sich ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell mit

sehr hoher interindividueller Übereinstimmung für die Soll-Bedienhandlung „Speicherplatz bestätigen“. 54,5% der Probanden ( $n=11$ ) erwarteten nicht, einen langen Druck ausführen zu müssen, um den Sender auf dem gewünschten Speicherplatz abzuspeichern und führten stattdessen einen kurzen Druck aus. Dadurch wurde der Sender eingestellt, welcher im Moment auf dem gewünschten Speicherplatz gespeichert ist. Die Erwartung von 36,4% der Probanden stimmte mit dem im System implementierten Bedienablauf überein.

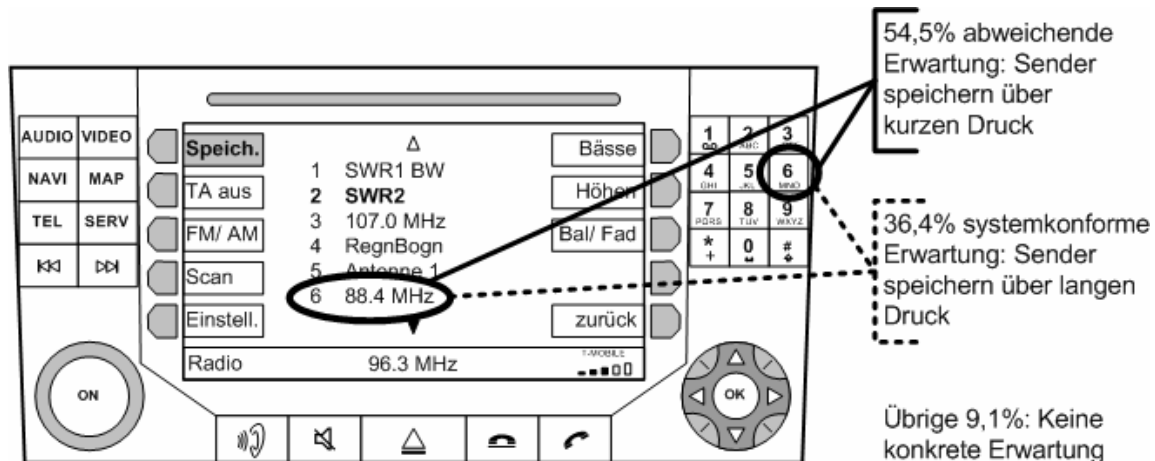


Abbildung 3-10: Erwartungen der Probanden beim Abspeichern eines Radiosenders, Studie A;  $n=11$

Beide zum Abspeichern eines Senders möglichen Bedienhandlungen weichen auf Grund einer fehlenden Bezeichnung von den Erwartungen ab. Die gewünschte Funktion „speichern“ ist nirgendwo im Menü oder System explizit erwähnt und würde daher auch in einem System mit anderen Bedienelementen nicht als Funktion auf langen Druck einer Taste erwartet.

Abbildung 3-11 zeigt die Erwartungen der Probanden beim Springen zum nächsten CD-Titel. Es ergab sich ein vom konzeptuellen Modell abweichendes mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung. Um zum nächsten CD-Titel zu springen, erwarteten 50% Probanden ( $n=34$ ), die Pfeiltaste „nach unten“, anstatt die Pfeiltaste „nach oben“ betätigen zu müssen, wodurch sie stattdessen zum vorherigen Titel gelangten. 29,4% der Probanden erwarteten, die Taste „nach oben“ drücken zu können, 8,9% die skip-Taste, so dass die Erwartungen von insgesamt 38,2% der Probanden mit dem System übereinstimmten. Die übrigen Erwartungen beziehen sich auf andere Tasten und gehen aus der Abbildung hervor.

Die Erwartung der Mehrheit der Probanden weicht bezüglich des Mappings zwischen Taste und Funktion vom implementierten Bedienablauf ab. Es wird deutlich, dass das Mapping teilweise gelingt, da auf Grund der im Display dargestellten Pfeile „nach oben“ und „nach unten“ von den meisten Probanden auch erwartet wird, die entsprechenden Pfeil-

tasten zu benutzen. Der Pfeil „nach unten“ wird allerdings von den meisten Probanden als „zur nächsten“ in einer vorgestellten, aufsteigend geordneten Liste der Titelnummern interpretiert, ist aber in der umgekehrten Zuordnung im Gerät implementiert. Diese Erwartung der Probanden bezieht sich zwar spezifisch auf die Pfeiltasten dieses Systems, kann aber auf andere Systeme generalisiert werden, welche ebenfalls über Richtungstasten verfügen und das Vorwärts- und Rückwärtsspringen über die vertikale Richtung auslösen. Diese Erwartung ist damit unabhängig vom Bedienkonzept des Systems A.

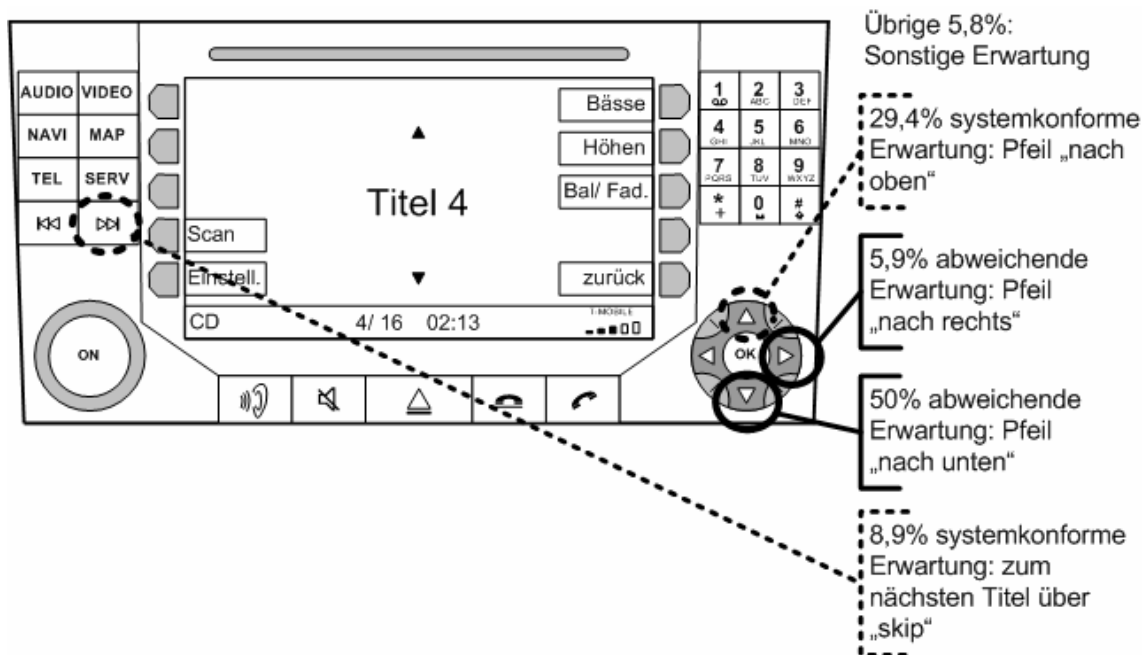


Abbildung 3-11: Erwartungen der Probanden beim Springen zum nächsten CD-Titel, Studie A; n=34

Eine neunte vom implementierten Bedienablauf abweichende Benutzererwartung mit sehr hoher individueller Übereinstimmung ergab sich für die Korrektur von Tippfehlern bei der Eingabe von Buchstaben und Zeichen. Alle elf Soll-Bedienhandlungen, bei denen die Eingabe von Zeichen erforderlich war, wurden hierzu über alle Aufgaben zusammengefasst. Insgesamt wurden die Bedienhandlungen „Buchstaben eingeben“ und „Ziffern eingeben“ 226 Mal ausgeführt und es traten 94 Tippfehler auf. In 64 von 94 Fällen (=66,7%) erwarteten die Probanden, die Eingabe des letzten Buchstabens durch Drücken des Softkeys „zurück“ rückgängig machen zu können. Vorgesehen ist im System aber, den zuletzt eingegebenen Buchstaben durch den Softkey „löschen“ zu löschen. „Zurück“ führt dagegen zum vorherigen Menüschritt. Abbildung 3-12 zeigt, welcher Anteil an Probanden bei den nacheinander aufgetretenen Tippfehlern diese Erwartung hatte. Es zeigt sich ein Lerneffekt.

Diese Erwartung mit hoher interindividueller Übereinstimmung ist auf ein unerwartetes Mapping der zurück-Taste mit ihrer Auswirkung im Menü zurückzuführen. Auf Grund ihrer

Nähe zum Ziffernblock wird sie von den Probanden mit dem Rückgängig-machen der Buchstabeneingabe assoziiert, obwohl sie sich auf die Menü-Situation insgesamt bezieht und sogar eine weitere Taste „löschen“ vorhanden ist. Die Bezeichnungen „zurück“ und „löschen“ sind demnach für sich nicht eindeutig, die Fehlbedienungen entstehen aber hauptsächlich durch die spezielle, eng beieinander liegende Anordnung der beiden Tasten im Bedienkonzept des Systems A. Durch eine eindeutigeren räumlichen Kodierung der beiden Funktionen (z.B. „zurück“ immer links, „löschen“ in der Nähe der Buchstaben) würde wahrscheinlich die Bildung eines passenden mentalen Modells bzgl. der Funktionsweise der beiden Tasten eher gefördert.

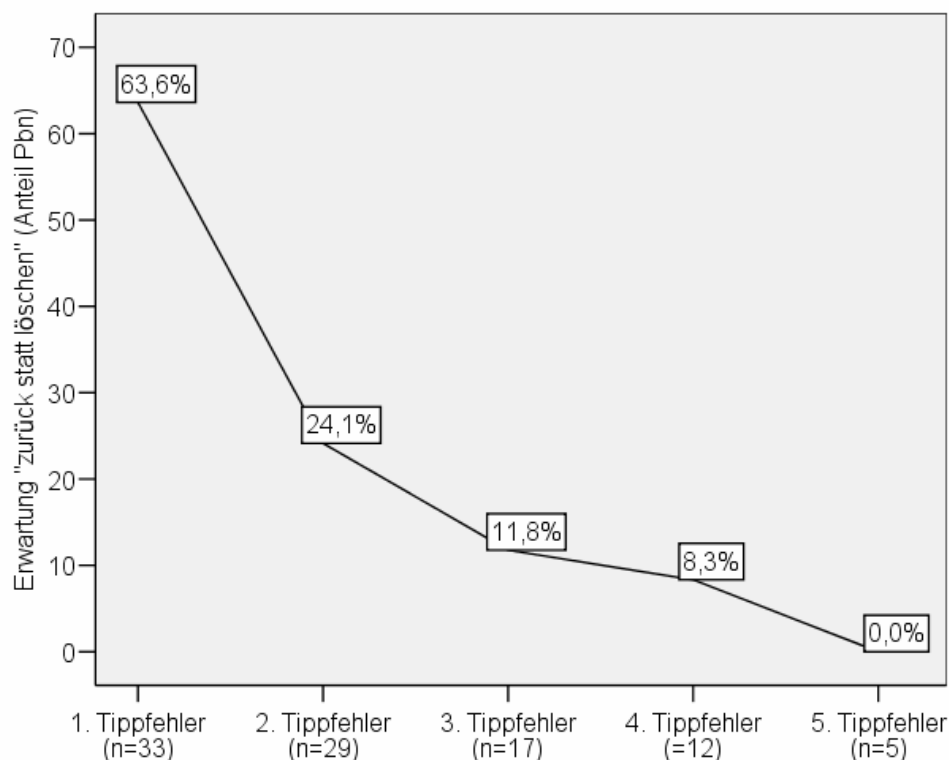


Abbildung 3-12: Lerneffekt für die vom System abweichende Erwartung „zurück statt löschen“ beim Korrigieren von Tippfehlern in System A; Anteil der Probanden, welche diese Erwartung hatten

### 3.4.2 Transfereffekte bei Speichervorgängen

Auf Grund der unterschiedlich implementierten Speicherabläufe in verschiedenen Applikationen des Systems A wurden Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Bedienleistung beim Abschluss der Speicherhandlungen erwartet.

Insgesamt gingen 30 Probanden in die Analyse ein. Die übrigen vier Probanden führten die erste Speicherhandlung nicht aus und wurden daher in dieser Analyse nicht beachtet.

Abbildung 3-13 zeigt die Anzahl der ausgeführten Bedienhandlungen für die erste und zweite Speicherhandlung getrennt für alle drei Gruppen.

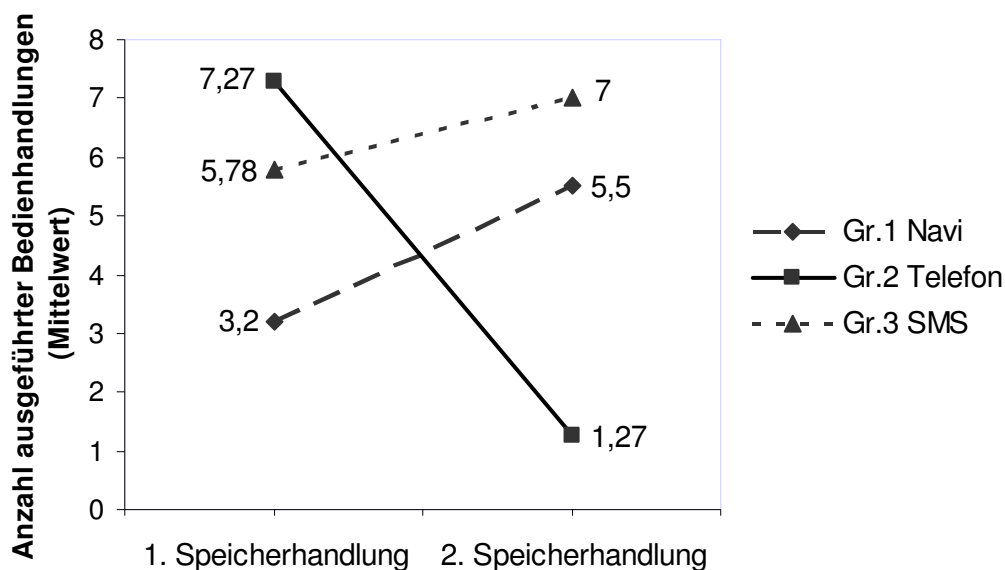


Abbildung 3-13: Anzahl der ausgeführten Bedienhandlungen für die erste und zweite Speicherhandlung, getrennt nach Gruppen

Tabelle 3-3 zeigt die Erwartungen der Probanden aller Gruppen für die erste und die zweite Speicherhandlung. Sie liefert zusätzliche Erklärungen für die vorhandenen Unterschiede.

Tabelle 3-3: Anteil für die Erwartungen der Probanden bei der ersten und zweiten Speicherhandlung, getrennt nach Gruppen; grauer Hintergrund = korrekte Erwartungen; zu 100 fehlende %= sonstige od. keine konkreten Erwartungen

	Erwartung 1. Speicherhandlung		Erwartung 2. Speicherhandlung	
	„OK“	„zurück“	„OK“	„zurück“
gesamt	93,3%	6,7%	50%	45,8%
Navi	90% (korrekt)	10% (falsch)	37,5% (falsch)	25% (korrekt)
Telefon	100% (falsch)	0% (korrekt)	27,3% (falsch)	72,7% (korrekt)
SMS	77,8% (korrekt)	11,1% (falsch)	77,8% (falsch)	11,1% (korrekt)

Die Hypothesen bezüglich der Transfereffekte (vgl. Abschnitt 3.3.3) wurden durch eine Varianzanalyse für *mixed models* mit den entsprechenden Einzelvergleichen (a priori Kontraste) überprüft.

In Hypothese A1 wurde vermutet, dass bei der ersten Speicherhandlung (Funktionsbereiche für die drei Gruppen unterschiedlich) die Probanden der Gruppen 1 und 3 (Navigation und SMS) weniger Bedienhandlungen benötigen würden, um die Soll-Bedienhandlung

„Daten speichern und Eingabemaske verlassen“ über „OK“ abzuschließen als die Probanden der Gruppe 2 (Telefon) über „zurück“. Für diesen Kontrast ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 3 einerseits ( $n_1=10$ ;  $m_1=3,2$ ;  $s_1=4,13$ ;  $n_3=9$ ;  $m_3=5,78$ ;  $s_3=11,36$ ) und der Gruppe 2 andererseits ( $n_2=11$ ;  $m_2=7,27$ ;  $s_2=6,68$ ;  $t=0,945$ ;  $p=0,353$ ). Hypothese A1 wird scheinbar nicht von den Daten gestützt, es zeigten sich allerdings zwischen den beiden Gruppen 1 und 3 ein augenscheinlich sehr großer Mittelwertsunterschied sowie große Streuungen der Werte innerhalb der Gruppen. Aus Tabelle 3-3 wird ersichtlich, dass die Mehrheit der Probanden in allen drei Gruppen „OK“ erwartete. Gruppe 2 brauchte demnach augenscheinlich am meisten Bedienhandlungen, um herauszufinden, dass an dieser Stelle die Taste „zurück“ zum Ziel führte und nicht wie erwartet die Taste „OK“ (weitere Details s. auch Anhang Tabelle 7-6).

In Hypothese A2 wurde vermutet, dass dagegen bei der zweiten Speicherhandlung (für alle Gruppen im Funktionsbereich Adressbuch) die Probanden der Gruppen 1 und 3 (zuvor „OK“ in Navigation bzw. SMS) mehr Bedienhandlungen benötigen würden, um die Bedienhandlung wie vom System vorgesehen über „zurück“ abzuschließen als die Probanden der Gruppe 2 (zuvor „zurück“ im Telefon). Für diesen Kontrast ergab sich wie erwartet ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 3 einerseits ( $n_1=8$ ;  $m_1=5,5$ ;  $s_1=4,81$ ;  $n_3=9$ ;  $m_3=7$ ;  $s_3=8,35$ ) und der Gruppe 2 andererseits ( $n_2=11$ ;  $m_2=1,27$ ;  $s_2=0,47$ ;  $t=2,408$ ;  $p=0,024$ ). Hypothese A2 wird demnach durch die Daten gestützt: Die Probanden der Telefon-Gruppe, welche bei beiden Speichervorgängen die gleiche Bedienhandlung ausführen konnten, benötigten demnach signifikant weniger Bedienhandlungen, um den zweiten Speichervorgang abzuschließen, als die Probanden der Gruppen Navigation und SMS, welche für die zweite Speicherhandlung einen bis dahin unbekannten und unerwarteten Weg gehen müssen. Tabelle 3-3 liefert weitere Erklärungen für diesen Unterschied: Ein augenscheinlich höherer Prozentsatz an Probanden der Gruppe Telefon erwartete für die zweite Speicherhandlung bereits die hier korrekte Option „zurück“ als zielführend, während die beiden anderen Gruppen erwarteten, auch den zweiten Speichervorgang mit „OK“ abschließen zu können.

In Hypothese A3 war für die Gruppe 2 ein positiver Transfereffekt von der ersten hin zur zweiten Speicherhandlung erwartet worden. Dieser Unterschied lag knapp unterhalb des Signifikanzniveaus ( $t=1,972$ ;  $p=0,059$ ). Probanden der Gruppe Telefon führten bei der zweiten Speicherhandlung augenscheinlich weniger Bedienhandlungen aus als bei der ersten, welches den vermuteten positiven Transfereffekt andeutet.

In Hypothese A4 war für die Gruppen 1 und 3 ein negativer Transfereffekt von der ersten zur zweiten Speicherhandlung erwartet worden. Dieser Effekt konnte nicht nachgewiesen

werden ( $t=-0,760$ ;  $p=0,454$ ). Auch hier sei auf den augenscheinlich großen Mittelwertsunterschied der Gruppen 1 und 3 sowie auf die großen Streuungen hingewiesen.

In Hypothese A5 war eine Interaktion zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt erwartet worden. Diese Interaktion lag knapp unterhalb des Signifikanzniveaus ( $t=2,025$ ;  $p=0,053$ ) und zeigt sich augenscheinlich durch Abbildung 3-13.

### 3.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse Studie A

Mehr als vier Fünftel der untersuchten Soll-Bedienhandlungen des Systems A entsprechen im Großen und Ganzen den Erwartungen der Benutzer. Es konnten jedoch einige mentale Modelle mit hohem Übereinstimmungsgrad unter verschiedenen Benutzern identifiziert werden, welche in bedeutsamer Weise von den implementierten Bedienabläufen abwichen und zu systematischen Fehlbedienungen führten.

Die Hauptursachen für Fehlbedienungen auf Grund von Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und implementierten Bedienabläufen waren:

- Die OK-Taste ist implementiert als Mittel zur Steuerung des Cursors im T-Menü des mittleren Bildschirmbereiches, wird aber von den Probanden häufig im Sinne einer „weiter“, „speichern“ oder „fertig“ Funktion verstanden und auf den gesamten Bedienablauf bezogen.
- Die Funktionsweise von „OK“ und „zurück“ ist über die Applikationen nicht konsistent und für die Probanden schwierig zu erlernen.
- Die Funktionsbereiche SMS und Adressbuch werden als Unterfunktionen des Telefonmenüs erwartet, sind aber stattdessen dem Menü „SERV“ zugeordnet.
- Die parallele Verwendung von Softkeys und Menü mit T-Struktur führt zu Verwirrungen.

Insgesamt ergaben sich neun mentale Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung. Durch gezielte, systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen würden sich nahezu 90% der unnötigen, durch diese Abweichungen hervorgerufenen Fehlbedienungen vermeiden lassen.

Die Analyse der Ursachen für die einzelnen auffälligen Abweichungen ergab, dass die meisten Abweichungen auf unerwartete Menü-Bezeichnungen, viele auf eine unerwartete Menüstruktur und nur wenige auf ungeeignetes Mapping zurückzuführen sind. Für die meisten abweichenden Erwartungen kann angenommen werden, dass sie auch generell für FIS gelten und als Grundlage für allgemeine Gestaltungsempfehlungen herangezogen werden können.

### 3.5 Diskussion Studie A

Ziel der Studie A war es, Abweichungen zwischen erwarteten und implementierten Bedienabläufen des Systems A aufzuzeigen, sowie zu identifizieren, welche dieser Erwartungen interindividuell übereinstimmen und welche Aspekte dieser Erwartungen systemunabhängig auch für FIS mit anderen Bedienkonzepten zutreffen. Dazu wurden die Erwartungen von Erstbenutzern an Bedienabläufe typischer Aufgaben während der Bedienung eines Gerätes untersucht und mit den implementierten Bedienabläufen verglichen. Ein speziell entwickeltes Analyseverfahren machte dies möglich.

Die Ergebnisse der geschilderten Studie belegen, dass ein Großteil der Bedienabläufe des untersuchten Systems A gut mit den Erwartungen der Erstbenutzer übereinstimmt. Sie zeigen jedoch auch an einigen Stellen deutliche Abweichungen zwischen Erwartungen und implementierten Bedienabläufen des Systems A auf, welche systematisch zu Fehlbedienungen führen. Während der Bedienung treten Lerneffekte auf, die Erwartungen der Benutzer verändern sich und passen sich an die tatsächlich implementierten Bedienabläufe an.

#### 3.5.1 Interindividuelle Variation der mentalen Modelle und systemunabhängige Benutzererwartungen

Zur Ermittlung der während der Bedienung gebildeten mentalen Modelle wurden zunächst alle aufgetretenen Bedienhandlungen danach beurteilt, ob sie auf Basis eines konkreten mentalen Modells ausgeführt wurden. Die resultierende Kategorisierung der Bedienhandlungen wird im Vergleich zu den Ergebnissen der Studie B interessant und deshalb dort diskutiert (vgl. Abschnitt 4.4.1). Anschließend wurde ermittelt, dass für ein wenig mehr als 80% der untersuchten Soll-Bedienhandlungen keine bedeutsamen Fehlbedienungen auftreten. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Merkmale des Systems an diesen Stellen es der Mehrheit der Benutzer erlauben, aus ihren Vorerfahrungen mentale Modelle zu bilden, welche gut mit der tatsächlichen Funktionsweise des Systems übereinstimmen. Ca. ein Fünftel der untersuchten Soll-Bedienhandlungen des Systems A weicht dagegen von den Erwartungen der Benutzer ab. An diesen Stellen ist es, wie die Analyse zeigt, den Benutzern auf Grund von Systemmerkmalen nicht möglich, aus ihren Vorerfahrungen geeignete mentale Modelle zu bilden.

An den abweichenden Stellen führen Benutzer zuerst diejenige Bedienhandlung aus, welche laut ihres mentalen Modells von der Funktionsweise des Systems den gewünschten Effekt herbeiführen müsste. Nach Ausführung dieser vermeintlich zielführenden Bedienhandlung stellen die Benutzer fest, dass der gewünschte Effekt nicht eingetreten ist und



führen weitere, im Vergleich zum Soll-Bedienablauf unnötige, Bedienhandlungen aus, um die Fehlbedienung auszugleichen. An einigen Stellen war es den Benutzern möglich, eine weitere „zweitbeste“ Erwartung zu bilden und daher eine weitere gezielte Bedienhandlung auszuführen, welche in manchen Fällen dann das gewünschte Ziel erreichte. In den meisten Fällen folgte jedoch auf eine, spätestens auf eine evt. zweite konkrete Verwechslung dann eine Phase des Ausprobierens. In dieser Phase wurden von den Probanden häufig sogar die zuerst ausgeführten, d.h. ersten konkreten Vermutungen wiederholt ausprobiert, obwohl sie sich schon beim ersten Mal als nicht zielführend erwiesen hatten. Ein Beispiel für dieses Verhalten findet sich bei Proband 29, welcher bei der Aufgabe „Nummer aus Anrufliste speichern“ bereits versucht hat, über die OK-Taste den Speichervorgang abzuschließen (Bildschirmsituation s. Abbildung 3-4):

Pb29: „Jetzt steht da ‚Abbrechen‘, ‚löschen‘, ‚zurück‘, ich will weder löschen, noch zurück noch abbrechen. Auf der linken Seite steht ‚Tastatur‘. Hhm. [Pause] Ich drücke noch mal OK“.

Hier wird die Taste „OK“ gewählt, weil keine besser erscheinende Alternative verfügbar ist, ähnlich wie beim von Norman (1991) beschriebenen *satisficing*. Nach einer konkreten Verwechslung wurden oft auch Alternativen ausprobiert, welche von vornherein schon als nicht richtig erachtet werden. Insgesamt zeigt sich in den Vorgehensweisen der Probanden eine große Ähnlichkeit zu den von Gray (1990) bei der Suche im Hypertext beobachteten Phänomenen. Folgende Probleme tauchen in Studie A ebenfalls auf: *semantic misunderstandings, try irrelevant paths out of desperation, deliberately & repeatedly explore the categories where the info should be, forget what has been explored*.

Für die Formulierung allgemeiner Gestaltungsempfehlungen wurden mentale Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung gesucht, welche unabhängig von spezifischen Merkmalen des Bedienkonzeptes des Systems A bestehen. Wie erwartet variieren in verschiedenen Bediensituationen die gebildeten mentalen Modelle verschiedener Benutzer auf Grund der unterschiedlichen Vorerfahrungen ungleich stark. Für neun Bedienabläufe existieren sehr hohe interindividuelle Übereinstimmungen in den von der Implementierung abweichenden Erwartungen der Benutzer. Für andere Bedienabläufe gibt es abweichende Erwartungen, welche interindividuell mittel hoch übereinstimmen (zwölf) oder gar sehr verschieden sind (neun). Die Analyse der Ursachen für die 30 auffälligen Abweichungen zwischen Erwartung und System ergab, dass über die Hälfte der Abweichungen auf unerwartete Bezeichnungen im System zurückzuführen ist. Ein anderer großer Teil der Abweichungen des Soll-Bedienpfades vom mentalen Modell werden durch unerwartete Menüstrukturen und unerwartete Reihenfolgen von Bedienschritten hervorgerufen. Nur ein kleiner Teil geht auf ungeeignetes Mapping zwischen Bedienelementen

und ihrer Auswirkung zurück. Die Analyse der systemübergreifenden Aspekte diene später als Grundlage für die Vorhersage des Bedienverhaltens in Studie B.

Übereinstimmend erwarteten die Probanden eine andere Struktur der Funktionsbereiche Telefon und Service, um die SMS- und Adressbuch-Funktionalität als Unterfunktionen im Funktionsbereich Telefon aufrufen zu können. Auch die Erwartung der Probanden, einen gewünschten CD-Titel ohne Ausführen eines zusätzlichen Bedienschrittes direkt anwählen zu können, bezieht sich auf die Menüstruktur. Dass diese Erwartungen bzgl. der Menüstruktur unabhängig vom konkreten Bedienkonzept des Systems A auch für andere Fahrerinformationssysteme allgemein gelten, soll in Studie B verifiziert werden. Hinter der global bezeichneten OK-Taste wurde die Möglichkeit zum Abschließen der im Moment ausgeführten Bedienhandlung, also zum Wechseln zur Testeingabe beim Schreiben einer SMS-Nachricht, zum Beenden eines Telefongesprächs und insbesondere zum Abspeichern von gerade eingegebenen Daten, erwartet. Dass diese Erwartungen auch in anderen Fahrerinformationssystemen, unabhängig von spezifischen Merkmalen des Bedienkonzeptes, an eine Taste mit einer solchen Bezeichnung bestehen, soll Studie B verifizieren. Das Abspeichern eines Radiosenders entsprach auf Grund der fehlenden Bezeichnung für die Speicherfunktion nicht den Erwartungen der Probanden. So bleibt hier zu verifizieren, dass diese Bezeichnung unabhängig von spezifischen Merkmalen des Bedienkonzeptes auch in anderen Fahrerinformationssystemen explizit erwartet wird. Die interindividuell sehr hoch übereinstimmenden Erwartungen bezüglich des Springens zum nächsten CD-Titel mit Hilfe der Pfeiltaste „nach unten“ und bezüglich des Löschs eines eingegebenen Zeichens mit dem Softkey „zurück“ entstanden hauptsächlich durch das systemspezifische Mapping des Systems A, enthielten aber auch verallgemeinerbare Aspekte. Es bleibt zu verifizieren, dass die Bedienabläufe eines Systems mit anderem Bedienkonzept für diese Bedienaufgaben nicht in gleicher Weise von den Erwartungen der Benutzer abweichen. Zum Beispiel würde ein Springen zum nächsten Titel in horizontaler Richtung mit den Erwartungen übereinstimmen. Auch eine andere Anordnung der Tasten „zurück“ und „löschen“ würde nicht die gleiche abweichende Erwartung um Löschen eines Zeichens nahe legen. Die PIN-Eingabe würde, wie in System A, auch bei Systemen mit anderen Bedienelementen als bestehend aus den Bedienhandlungen „Ziffern eingeben“ und „Eingabe bestätigen“ erwartet werden und, falls so implementiert, mit den mentalen Modellen einer großen Mehrheit der Benutzer übereinstimmen.

Viele der ermittelten systemübergreifenden mentalen Modelle beziehen sich auf die Menüfunktionen „OK“ und „zurück“. Es scheint eine Art globale Erwartung zu geben, die OK-Taste schließe den jeweils aktuellen Bedienschritt ab und führe zum nächsten. Dies spräche dafür, für die Bedienung von komplizierten Funktionen eines FIS, welche mehrere

sequentielle Schritte erfordern, ähnlich wie bei menügeführten Vorgängen am Rechner, eine Art Sequenz der Bedienschritte vorzugeben und die Benutzer mit „weiter“- und „zurück“-Menüpunkten von einem zum nächsten zu führen. Besonders an denjenigen Stellen im Bedienablauf, an welchen viele überflüssige Bedienhandlungen dadurch entstanden waren, dass die Benutzer kein konkretes mentales Modell bilden konnten, könnte diese Art der stärkeren Benutzerführung hilfreich sein.

Für diejenigen Stellen, an denen die vom System abweichenden Erwartungen der Benutzer interindividuell sehr stark übereinstimmen, wurden mögliche systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen vorgeschlagen. Dabei wurde gezeigt, dass sich insgesamt der größte Teil der an den abweichenden Stellen des Systems A jeweils ausgeführten Fehlbedienungen durch die vorgeschlagenen Veränderungen vermeiden ließe. Für Abweichungen mit mittel hoher Übereinstimmung wird empfohlen, bei evt. Veränderungen zu beachten, dass die Erwartung der Mehrheit der Benutzer weiterhin vom System erfüllt wird und für abweichende Erwartungen mit niedriger Übereinstimmung wird empfohlen, konkretere Hinweise auf die weiteren Erforderlichkeiten der Bedienung im Menü zu verankern.

Ein vom jeweiligen mentalen Modell abweichend implementierter Bedienablauf führt wie beschrieben zu unnötigen Bedienhandlungen und damit zu Einbußen in der Bedienleistung. Viele Äußerungen von Probanden legen nahe, dass die Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell auch Unzufriedenheit, bzw. sogar Verärgerung zur Folge haben, insbesondere, wenn das Bedienziel nicht erreicht werden kann. Durch eine Anpassung der Bedienabläufe an die mentalen Modelle der Benutzer müsste folglich eine bessere Bedienleistung erreicht werden können. Dieser Zusammenhang wird in den beiden nachfolgenden Studien (Kapitel 4 und 6) deutlich.

### 3.5.2 Lerneffekte: Anpassung von mentalen Modellen

Die Ergebnisse der Studie A machen deutlich, dass Benutzer, welche ein bestimmtes FIS zum ersten Mal bedienen, aus ihren Vorerfahrungen mit anderen technischen Geräten und den Markmalen der Bedienoberfläche Erwartungen an die Bedienabläufe typischer Aufgaben bilden. Mentale Modelle, welche in einer konkreten Bediensituation nicht mit dem System übereinstimmen können sich im Laufe der Zeit verändern. Um dies zu zeigen, wurden in Studie A Transfereffekte zwischen den unterschiedlichen Implementierungen der Speichervorgänge aufgezeigt.

Es war vermutet worden, dass Probanden eher erwarten würden, einen Speichervorgang mit „OK“ als mit „zurück“ abschließen zu können, dass sie aber auch den ihren Erwartungen widersprechenden Bedienablauf erlernen würden. Zu diesem Zweck lösten drei Probandengruppen je zwei Speicheraufgaben mit verschiedenen implementierten Bedienabläu-

fen. Die erste Speicheraufgabe war für die drei Gruppen unterschiedlich. Zwei Gruppen lösten Speicheraufgaben aus den Bereichen Navigation und SMS, welche in Übereinstimmung mit dem anzunehmenden mentalen Modell über „OK“ abzuschließen waren. Eine Gruppe dagegen löste die Speicheraufgabe im Funktionsbereich Telefon, deren abschließende Bedienhandlung „zurück“ wahrscheinlich vom mentalen Modell der meisten Benutzer abweichen würde. Die zweite Aufgabe war für alle drei Gruppen gleich (Speichern im Adressbuch) und war über die erwartungskonträre „zurück“-Taste abzuschließen.

Wie erwartet (Hypothese A1) benötigten bei der ersten Speicherhandlung diejenigen Probanden, welche den vom mentalen Modell abweichenden Bedienablauf vorfanden (Gruppe Telefon: „zurück“), mehr Bedienhandlungen als diejenigen Probanden, welche ihrem mentalen Modell entsprechend „OK“ drücken konnten. Aus ihren Vorerfahrungen leiten Benutzer also, wie vermutet, für System A das mentale Modell ab, nach dem ein Speichervorgang nach der Eingabe der zu speichernden Daten über „OK“ abgeschlossen wird. Umgekehrt konnten diejenigen Probanden, welche bei der ersten und der zweiten Speicherhandlung „zurück“ drücken mussten, ebenfalls wie erwartet (Hypothese A2), die zweite Speicherhandlung mit weniger überflüssigen Bedienhandlungen abschließen als die Probanden der beiden anderen Gruppen, welche hier zum ersten Mal den erwartungskonträren „zurück“-Button betätigen mussten. Weiterhin zeigte sich für die Probanden der Gruppe Telefon, welche beide Speichervorgänge mit der gleichen Bedienhandlung abschließen konnten, ein positiver Transfereffekt von der ersten zur zweiten Speicherhandlung (Hypothese A3). Die Probanden der anderen beiden Gruppen dagegen zeigten einen negativen Transfereffekt (Hypothese A4).

Die Gruppe „Telefon“ profitierte demnach im zweiten Speichervorgang von ihren Erfahrungen aus der ersten Speicheraufgabe. Durch die Rückmeldung über die abschließende Speicherhandlung der ersten Aufgabe begannen die Probanden ihr mentales Modell an das konzeptuelle Modell anzupassen und formten für die zweite Speicherhandlung häufiger die zutreffende Erwartung als die Probanden der anderen beiden Gruppen. Diese dagegen erlebten beim ersten Speichervorgang eine Bestätigung ihres mentalen Modells und versuchten, es bei der zweiten Speicheraufgabe wieder anzuwenden. Bei der zweiten Speicherhandlung waren jedoch diejenigen Probanden im Vorteil, welche ihre allgemeinen Erwartungen bereits angepasst und ein systemspezifisches mentales Modell zum Speichern von Daten über „zurück“ gebildet hatten.

Für das Löschen von falsch eingegebenen Zeichen wurde ein mentales Modell mit hoher interindividueller Übereinstimmung ermittelt, welches vom implementierten Bedienablauf abwich. Anstatt der Taste „löschen“ erwartete die Mehrheit der Probanden, die Taste „zurück“ drücken zu können, um das zuletzt eingegebene Zeichen zu löschen. Über mehrere

Tippfehler zeigte sich auch bei diesem mentalen Modell eine Veränderung: Nach maximal fünf Tippfehlern hatten die Probanden ihr mentales Modell an die Gegebenheiten des Systems adaptiert und so gelernt, die vom System vorgesehene Taste „löschen“ zu drücken.

Die beiden geschilderten Lerneffekte verleiten zu der Interpretation, die von den Erwartungen abweichenden Kennzeichnungen von Funktionen im Menü seien nicht sehr gravierend und nach einer kurzen Einlernphase für den Benutzer kein Problem mehr. In diesem Zusammenhang sollte man sich vor Augen halten, dass die Lerneffekte hier nur über einen relativ kurzen Zeitraum von wenigen Minuten zwischen der Bearbeitung der beiden Speichervorgänge, bzw. zwischen dem Auftreten zweier Tippfehler bestehen. Es ist zu vermuten, dass bei einer Bedienung während der Fahrt oder nach längerem Nicht-Benutzen der Funktion Probanden wieder auf ihre ursprüngliche intuitive Erwartung zurückgreifen werden und der entsprechende Fehler wieder auftreten wird.

Es zeigte sich an diesen beiden Lerneffekten auch, dass für Erstbenutzer und seltene Benutzer eines Systems bei der Bildung eines mentalen Modells vom auszuführenden Bedienablauf die Passung zwischen System und mitgebrachter Vorerfahrung besonders entscheidend ist. Die Ergebnisse zu Lerneffekten in dieser Studie lieferten Erkenntnisse für eine systematische Analyse ähnlicher Effekte in Studie B und insbesondere die Evaluation der Gestaltungsempfehlungen in Studie C.

## **4 Studie B: Verifizierung von systemunabhängigen Aspekten allgemeiner Benutzererwartungen**

Nachdem in Studie A die interindividuell hoch übereinstimmenden mentalen Modelle von Bedienabläufen typischer Bedienaufgaben ermittelt worden waren und Vermutungen darüber angestellt, welche Aspekte dieser Erwartungen unabhängig von einem konkreten Bedienkonzept für Fahrerinformationssysteme im allgemeinen bestehen, war es Ziel der Studie B, diese systemunabhängigen Erwartungen an Bedienabläufe zu verifizieren. Diejenigen Erwartungen, welche in Studie B verifiziert wurden, bildeten später die Grundlage für domänenspezifische Regeln zur Gestaltung eines Systems, welche in Studie C umgesetzt werden. Außerdem wurden in Studie B Aufgaben mit erwartungskonformen und solche mit erwartungskonträren Bedienabläufen bezüglich zweier subjektiver Maße verglichen. Dieses Kapitel schildert Methodik und Design der Studie B, sowie die Ergebnisse und eine kurze Diskussion derselben.

### **4.1 Methodik Studie B**

Die Aufgabenanalyse im Vorfeld der Untersuchungen hatte für System B ergeben, dass einige der dort implementierten Bedienabläufe mit denen des Systems A übereinstimmten und einige unterschiedlich waren. Ausgehend von den ermittelten Benutzererwartungen wurden detaillierte Vorhersagen dazu formuliert (vgl. Abschnitt 4.2.3.1), an welchen Stellen in den Bedienabläufen des Systems B es ebenfalls Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell geben würde und an welchen Stellen nicht, d.h. zu welchen Fehlbedienungen die zuvor ermittelten systemunabhängigen Erwartungen an Bedienabläufe in System B führen würden.

Um für System B die mentalen Modelle zu erheben, sie mit dem konzeptuellen Modell zu vergleichen und so die vorhergesagten Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell zu überprüfen, wurde weitestgehend die gleiche Methodik wie in Studie A eingesetzt. Zusätzlich wurden subjektive Maße erhoben, aber keine Gruppen zur Analyse von Transferprozessen gebildet. Wie in Studie A wurden einzelne Lerneffekte betrachtet. Dieses Unterkapitel beschreibt Untersuchungsteilnehmer, Versuchsumgebung und Durchführung der Studie B. Unterschiede im Vorgehen zu Studie A werden hervorgehoben.

#### **4.1.1 Untersuchungsteilnehmer Studie B**

An der Untersuchung der Studie B nahmen 20 andere Mitarbeiter desselben Automobilherstellers teil. Sie wurden ebenfalls per E-Mail kontaktiert und dem gleichen *screening*

wie in den anderen beiden Studien unterzogen (vgl. Abschnitte 3.1.1 und 6.1.1). So war keiner der Probanden jünger als 30 Jahre, keiner hatte das System B je bedient und keiner hatte Erfahrung mit der Gestaltung/ Entwicklung von Bedienoberflächen. Der Altersdurchschnitt betrug 42,2 Jahre ( $s=6,24$ ; minimal 32, maximal 55 Jahre). Ähnlich den Probanden der ersten Studie waren 90% der Probanden männlich, zwei weiblich, und alle übten einen technischen Beruf aus. Bis auf einen tschechischen Probanden waren alle Teilnehmer deutscher Nationalität und bis auf einen Beidhänder alle Rechtshänder.

Laut ihrer Angaben im Vorerfahrungs-Fragebogen (vgl. Abschnitt 3.1.3.2) hatten die Probanden die in dieser Arbeit verwendeten Aufgaben im Vorfeld im Mittel 163,4 Mal ( $s=127,7$ ) pro Jahr ausgeführt und die dort erfassten technischen Geräte 74 Mal ( $s=25,2$ ) pro Jahr benutzt. Auch die Probanden der Studie B nahmen während ihrer Arbeitszeit an der Untersuchung teil und erhielten daher keine Belohnung.

#### 4.1.2 Versuchsumgebung Studie B

Für die Verifizierung der systemunabhängigen Erwartungen an Bedienabläufe wurde in dieser zweiten Studie das ebenfalls voll funktionsfähige Seriengerät "Fahrerinformationssystem B" verwendet, eingebaut in den schon in Studie A verwendeten Aufbau (vgl. Abbildung 3-1). Abbildung 4-1 zeigt diesen Aufbau mit System B aus der Perspektive eines Probanden.

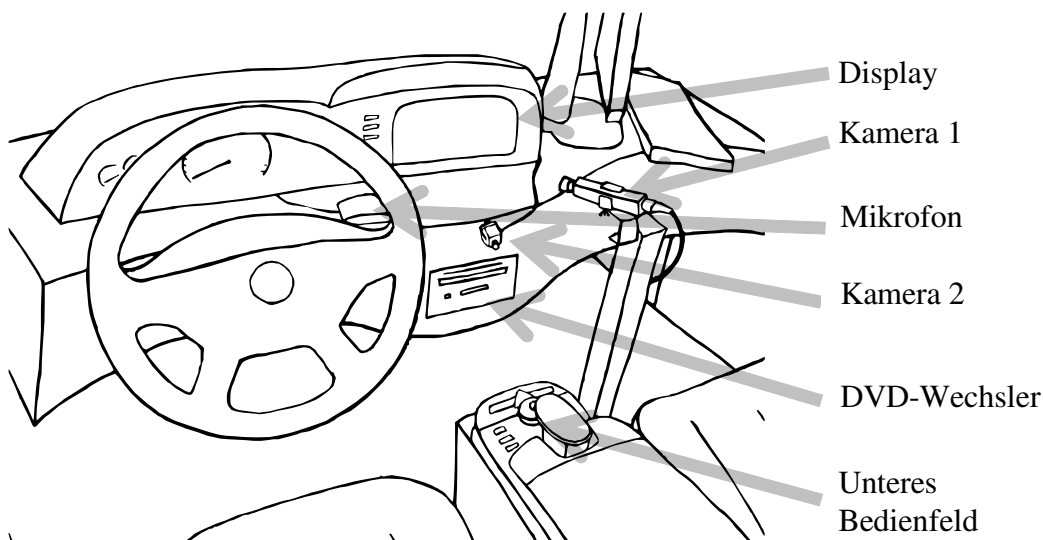


Abbildung 4-1: Probanden-Perspektive auf die Versuchsanordnung in Studie B

##### 4.1.2.1 Das abgesetzte, kombinierte Bedienkonzept des Systems B

Bei System B sind die System-Komponenten anders als bei System A nicht integriert in einem Gerät, sondern voneinander abgesetzt angeordnet. Das Display befindet sich auf

Höhe des Armaturenbretts, der CD-/ DVD-Wechsler in der Mittelkonsole und das untere Bedienfeld in der Mittelarmlehne. Das System B wird bedient mit einer Kombination aus abgesetztem ZBE und Hardkeys, welche sich im unteren Bedienfeld befinden. Das untere Bedienfeld ist in Abbildung 4-2 schematisch dargestellt. Das zentrale Bedienelement in der Mitte des unteren Bedienfeldes dient der Menüsteuerung. Es verfügt über die folgenden Bewegungsrichtungen:

- Drehen im und gegen den Uhrzeigersinn
- Schieben in acht Richtungen (nach vorn, hinten, rechts, links und diagonal)
- Herunterdrücken

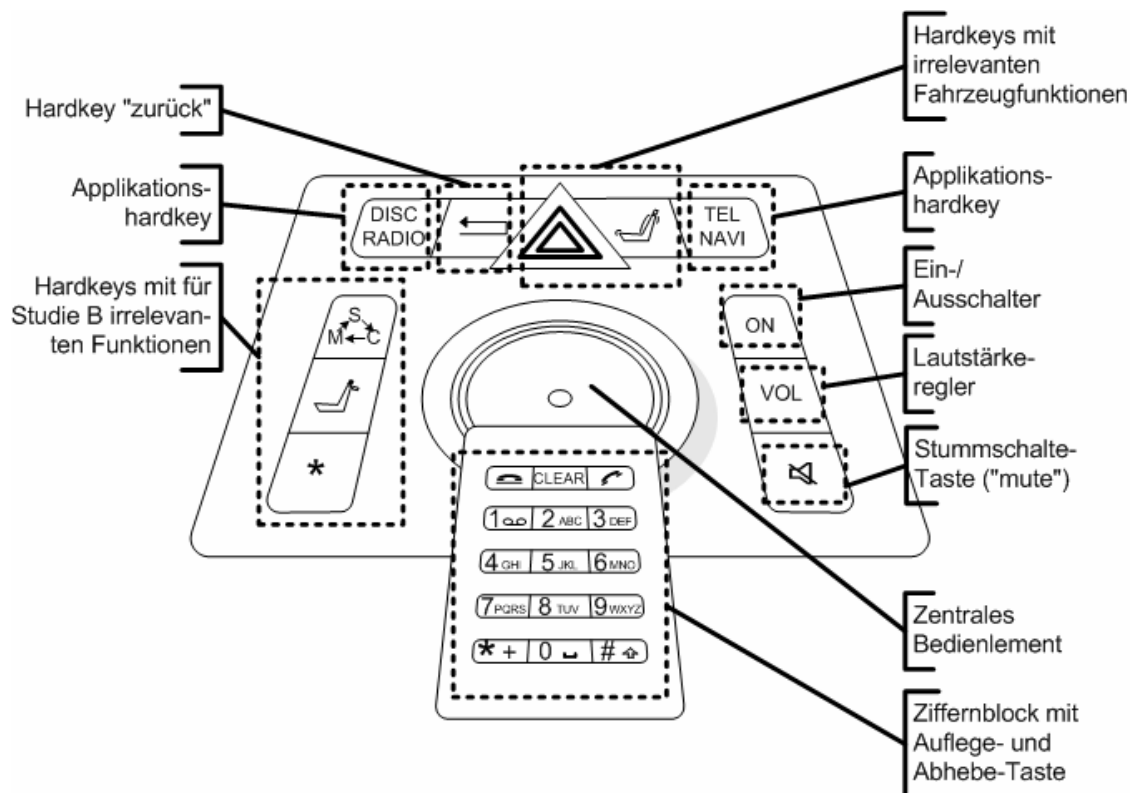


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des abgesetzten Bedienfeldes des System B (Mittelarmlehne)

Durch Schieben oder Drehen des ZBE werden Menüinhalte angewählt, durch Herunterdrücken der jeweils markierte Menüinhalt bestätigt/ aktiviert. Ein Funktionsbereich kann über das Menü oder über einen Hardkey aktiviert werden. Der aktive Funktionsbereich wird auf dem Display angezeigt und dann (hauptsächlich) über das Menü bedient.

#### 4.1.3 Durchführung der Studie B

Der Ablauf der Untersuchung B war dem der Studie A sehr ähnlich (vgl. 3.1.3). Zuerst erfolgte eine kurze Vorbereitung mit Instruktion und Exploration des Bedienprinzips.



#### *4.1.3.1 Erhebung der mentalen Modelle*

Wie in Studie A dachten die Probanden laut, während sie verschiedene Aufgaben bearbeiteten und erhielten standardisierte Hilfen vom Versuchsleiter (s. Anhang, S. 184 f.). Es wurden Video- und Ton-Aufnahmen gemacht und Logfiles aufgezeichnet. Zur Auswertung der erhobenen Daten kam die in Unterkapitel 3.2 beschriebene Methodik zur Anwendung.

#### *4.1.3.2 Erhebung der Vorerfahrung*

Die Vorerfahrung der Probanden mit technischen Geräten wurde mit dem gleichen Fragebogen wie in Studie A erhoben.

#### *4.1.3.3 Erhebung subjektiver Maße*

Zusätzlich zu den in Analogie zur Studie A erhobenen Daten wurden zwei subjektive Maße erhoben, um überprüfen zu können, ob Aufgaben mit erwartungskonformen Bedienabläufen sich diesbezüglich von Aufgaben mit erwartungskonträren Bedienabläufen unterscheiden. Im Anschluss an jede Aufgabe beurteilten die Probanden die gerade ausgeführte Aufgabe danach, wie zufrieden sie mit der Menüführung waren und wie schwierig sie die Aufgabe empfanden. Für beide Größen wurde jeweils eine fünfstufige, äquidistante Skala verwendet (Rohrmann, 1978), s. Anhang, S. 186 f.

## **4.2 Design und Hypothesen Studie B**

Um in Studie B die systemübergreifenden Erwartungen der Benutzer an Bedienabläufe von FIS zu verifizieren, wurde das Bedienverhalten bei System B aus den in Studie A ermittelten, allgemeinen mentalen Modellen der Benutzer und aus dem konzeptuellen Modell des Systems B vorhergesagt. Des Weiteren bestanden Hypothesen zu Unterschieden zwischen Aufgaben mit erwartungskonformen und solchen mit erwartungskonträren Bedienabläufen. Hier werden Versuchsdesign und Hypothesen der Studie C beschrieben.

### **4.2.1 Untersuchte Aufgabenauswahl und Aufgabenvergleich**

Mittels der Aufgabenanalyse (vgl. Abschnitt 3.2.1) wurden für Studie B 20 Aufgaben aus den Funktionsbereichen Navigation, Telefon, SMS, Adressbuch und Audio ausgewählt, für welche sich aus den Ergebnissen der Studie A eindeutige Vorhersagen bezüglich Abweichungen und Übereinstimmungen zwischen konzeptuellem und mentalem Modell ergeben hatten (für Details zu den vorhergesagten Abweichungen s. Abschnitt 4.2.3.1). Diejenigen Aufgaben, für welche in Studie A wenig oder keine konkreten Erwartungen ermittelt worden waren, ließen keine konkreten Vorhersagen zu und wurden demnach in Studie B nicht

weiter betrachtet. Alle Probanden bearbeiteten die gleichen 20 Aufgaben in der gleichen natürlichen Reihenfolge, welche ähnlich wie in Studie A entsprechend einem möglichen Auftreten bei neuen Benutzern festgelegt wurde (s. Anhang, Tabelle 7-2). Insgesamt umfassten diese 20 Aufgaben 146 Soll-Bedienhandlungen. Zwei dieser Soll-Bedienhandlungen kamen in verschiedenen Aufgaben vor und wurden daher im Laufe der Untersuchung von allen Probanden mehrmals bearbeitet. Für diese Soll-Bedienhandlungen wurden zusätzlich Lerneffekte betrachtet.

Aufgaben, für welche sich Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell ergaben, wurden später bezüglich der von den Probanden angegebenen Zufriedenheit und Schwierigkeit denjenigen Aufgaben, für welche sich keine Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell ergaben, gegenübergestellt. Für Aufgaben, deren Bedienabläufe mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmten, wurde erwartet, dass sie subjektiv positiver bewertet würden als Aufgaben, deren Bedienablauf von den Erwartungen der Benutzer abwichen (vgl. Abschnitt 4.2.3.2).

#### 4.2.2 Erhobene Maße Studie B

Zusätzlich zu den aus den Protokollen extrahierten Maßen (wie in Studie A, vgl. Abschnitt 3.3.2) wurden für jede Bedienaufgabe folgende Maße erhoben (vgl. Abschnitt 4.1.3.3):

- Zufriedenheit mit der Menüführung
- Empfundene Schwierigkeit der Aufgabe

#### 4.2.3 Hypothesen für Studie B

Durch den Vergleich der Bedienabläufe des Systems A mit den systemunabhängigen Benutzererwartungen einerseits und mit den Bedienabläufen des Systems B andererseits, wurde es möglich, für die Bedienabläufe des Systems B konkret vorherzusagen, ob sie diesen systemunabhängigen Erwartungen der Benutzer entsprechen würden oder nicht. Auch zu Zufriedenheit und subjektiver Schwierigkeitsbeurteilung wurden Hypothesen formuliert.

##### *4.2.3.1 Vorhersagen zu Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und implementierten Bedienabläufen in System B*

Die Aufgabenanalyse hatte für System B ergeben, dass etwa drei Viertel der Soll-Bedienhandlungen (113 von 146) in den zu untersuchenden Bedienabläufen mit denen des Systems A übereinstimmten, während der übrige Teil unterschiedlich war. Durch die Art und Weise, in der einige Bedienabläufe des Systems A von den Benutzererwartungen abwi-

chen, und die Art der Implementierung von Bedienabläufen in System B konnte für die meisten (111 von 146) Soll-Bedienhandlungen des Systems B vorhergesagt werden, dass sie in gleicher Weise mit den Benutzererwartungen übereinstimmen würden wie die Soll-Bedienhandlungen des Systems A. Für 35 Soll-Bedienhandlungen des Systems B dagegen ergaben sich konkrete Vorhersagen dazu, inwiefern sie von den Benutzererwartungen abweichen würden oder nicht. Die Zusammenhänge zwischen den Benutzererwartungen und dem konzeptuellem Modell des Systems A einerseits und zwischen Benutzererwartungen und dem konzeptuellem Modell des Systems B andererseits lassen sich in einem Vier-Felder-Schema darstellen (vgl. Tabelle 4-1). Die Vorhersagen jedes dieser Felder werden hier anhand von Beispielen beschrieben. Eine ausführliche Darstellung aller Vorhersagen findet sich im Anhang in Tabelle 7-7 bis Tabelle 7-10 (V1 bis V35).

Tabelle 4-1: Vier-Felder-Schema zur Herleitung der Vorhersagen für Studie B; in Klammern die Anzahl der Soll-Bedienhandlungen (SB)

		konzeptuelles Modell des Systems B entspricht dem konzeptuellen Modell des Systems A?	
		ja	nein
konzeptuelles Modell des Systems A entspricht den Benutzererwartungen?	ja	keine Abweichung für B vorhergesagt (111 SB)	neue Abweichung für B vorhergesagt (8 SB)
	nein	gleiche Abweichung wie in A auch für B vorhergesagt (2 SB)	für B entweder keine Abweichung (11 SB) oder andere Abweichung als in A (14 SB) vorhergesagt

Für diejenigen Bedienabläufe, für welche das konzeptuelle Modell des Systems A die systemunabhängigen Erwartungen der Benutzer genau trifft und für welche gleichzeitig das konzeptuelle Modell von System B mit dem von System A übereinstimmt, wurden in für System B *keine Abweichungen* zwischen konzeptuellem und mentalem Modell vermutet. Es wurde für diese Stellen in System B vorhergesagt, dass keine systematischen Fehlbedienungen auftreten würden. Dies betraf 111 der 146 untersuchten Soll-Bedienhandlungen. In System A entsprach bspw. das Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch den Erwartungen der Benutzer. Hatten die Probanden die Namensliste geöffnet, war auf dieser Ebene die Option „löschen“ verfügbare und sichtbar und wurde von den Probanden benutzt. In System B ist die Option ebenfalls in einem Optionen-Menü auf der Ebene der Namensliste verfügbar, so dass für System B ebenfalls keine Fehlbedienungen erwartet wurden.

Für diejenigen Bedienabläufe, für welche das konzeptuelle Modell des Systems A von den systemunabhängigen Benutzererwartungen abweicht, und für welche gleichzeitig das konzeptuelle Modell des Systems B mit dem des Systems A übereinstimmt, wurden *die*

*gleichen Abweichungen* zwischen mentalem und konzeptuellem Modell auch für System B erwartet. Für diese Soll-Bedienhandlungen wurden die gleichen systematischen Fehlbedienungen erwartet, welche auch schon bei System A aufgetreten waren. Dies betraf zwei Soll-Bedienhandlungen, eine sei als Beispiel genannt: Wie in System A ist es auch in System B erforderlich, zum Abspeichern eines Radiosenders aus dem Speichermenü (Übersichtliste der gespeicherten Sender) einen langen Druck des ZBE auszuführen, eine Funktion, welche aus den Bezeichnungen im Menü für den Benutzer nicht ersichtlich ist. Es wurde daher für System B vorhergesagt, dass die meisten Probanden wie schon in System A im Speichermenü einen kurzen Druck ausführen würden und so stattdessen fälschlicherweise den Sender aufrufen würden statt zu speichern.

Für diejenigen Bedienabläufe, für welche das konzeptuelle Modell des Systems A die systemunabhängigen Erwartungen der Benutzer genau trifft, das konzeptuelle Modell des Systems B aber von demjenigen des Systems A abweicht, wurden für System B Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell vorhergesagt, welche in System A nicht vorlagen. Es wurden an diesen Stellen systematische Fehlbedienungen in System B erwartet, *welche in System A nicht aufgetreten waren*. Dies betraf acht Soll-Bedienhandlungen, eine sei als Beispiel genannt: Studie A hatte ergeben, dass Benutzer, um eine CD anzuhören, erwarten, diese einfach in den Schacht einlegen zu können. Entgegen dieser Erwartung ist es in System B erforderlich, durch einen Tastendruck am DVD-Wechsler zunächst ein Fach anzuwählen, in welches die CD eingelegt werden soll, bevor man die CD in die Öffnung einschieben kann. Für System B wurde daher vorhergesagt, dass an dieser Stelle Fehlbedienungen entstehen würden, da die Mehrzahl der Probanden ebenfalls versuchen würden, die CD ohne vorhergehenden Bedienschritt einfach einzulegen.

Für diejenigen Bedienabläufe, für welche das konzeptuelle Modell des Systems A von den systemunabhängigen Benutzererwartungen abweicht, und für welche gleichzeitig das konzeptuelle Modell des Systems B anders ist als dasjenige des Systems A, war es möglich, dass entweder System B den Benutzererwartungen entspricht und dadurch keine Fehlbedienungen entstehen oder dass System B ebenfalls von den Benutzererwartungen abweicht und dadurch andere Fehlbedienungen entstehen als bei System A.

Für diejenigen Soll-Bedienhandlungen, in denen das konzeptuelle Modell des Systems B von dem des Systems A abweicht und dadurch der Benutzererwartung entspricht, wurden in der Studie B an dieser Stelle im Gegensatz zu A *keine Fehlbedienungen* erwartet. Dies betraf elf Soll-Bedienhandlungen, zwei seien beispielhaft aufgeführt: Studie A hatte ergeben, dass Benutzer erwarten, nach der Eingabe von Daten die OK-Taste drücken zu können, um die Daten zu speichern den Vorgang abzuschließen. Anders als in System A ist

genau dies in System B möglich, so dass für diese Soll-Bedienhandlungen vorhergesagt wurde, dass der Bedienablauf den systemübergreifenden Erwartungen entspricht und demnach keine Fehlbedienungen auftreten würden. Ebenfalls hatte Studie A ergeben, dass Benutzer erwarten, ein Telefongespräch welches sie über die OK-Taste aktiviert hatten, ebenfalls über die OK-Taste beenden zu können. Anders als in System A ist dies in System B möglich, so dass für diese Soll-Bedienhandlung ebenfalls vorhergesagt wurde, dass keine Fehlbedienungen auftreten würden.

Für diejenigen Soll-Bedienhandlungen aber, für die das konzeptuelle Modell des Systems B sich von dem des Systems A unterscheidet und gleichzeitig auch von den Benutzererwartungen abweicht, wurden für System B Fehlbedienungen erwartet, und zwar *andere als in System A*. Dies betraf 14 der untersuchten Soll-Bedienhandlungen, zwei seien beispielhaft erwähnt: Studie A hatte ergeben, dass Benutzer erwarten, die Funktionsbereiche SMS und Adressbuch im Grundmenü Telefon vorzufinden. Bei System B ist der Zugang zu diesen Funktionsbereichen nicht über das Grundmenü Telefon möglich, sondern erfolgt über ein Menü, welches sich öffnet, wenn man den Menüpunkt „Tel“ ein zweites Mal bestätigt. Dieses erneute Bestätigen des Menüpunktes „Tel“ würde, so wurde für Studie B vorhergesagt, entgegen der Erwartungen der Probanden sein und daher zu Fehlbedienungen führen. Ein weiteres Ergebnis der Studie A war, dass Benutzer erwarten, bei der Eingabe von Daten in einem formularähnlichen Menü mit der OK-Taste zum nächsten Eingabefeld wechseln zu können. In System B steht während der Eingabe von Daten ein Menüpunkt „OK“ zur Verfügung, welcher allerdings die eingegebenen Daten speichert und den Vorgang abschließt. Der Wechsel zum nächsten Eingabefeld erfolgt stattdessen über die Bestätigung eines Pfeilsymbols in der untersten Menüzeile. Dies wurde als den Benutzererwartungen widersprechend identifiziert und damit Fehlbedienungen des Menüpunktes „OK“ für diese Soll-Bedienhandlungen vorhergesagt.

An denjenigen Stellen im Bedienablauf, an denen für System B Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell vermutet wurden, wurde vorhergesagt, dass die Anzahl der pro Soll-Bedienhandlung ausgeführten Bedienhandlungen über die Probanden gemittelt den bedeutsamen Wert von 3 überschreiten würde und dass 25% oder mehr der Probanden mehr als eine Bedienhandlung ausführen würden (Überschreiten der Kriterien für auffällige Abweichungen, vgl. Abschnitt 3.2.3.3).

#### *4.2.3.2 Hypothesen zu Unterschieden zwischen erwartungskonformen und erwartungskonträren Bedienabläufen*

Es wurde erwartet, dass Abweichungen zwischen den Erwartungen der Benutzer und den implementierten Bedienabläufen sich negativ auf die Zufriedenheit und die subjektive Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit auswirken.

Hypothese B1: Für Aufgaben, deren Bedienablauf den Erwartungen der Benutzer entspricht, geben die Probanden eine höhere Zufriedenheit mit der Menüführung an als für Aufgaben, deren Bedienablauf von den Erwartungen der Benutzer abweicht.

Hypothese B2: Aufgaben, deren Bedienablauf mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmt, werden subjektiv als weniger schwierig eingeschätzt als Aufgaben, deren Bedienablauf von den Erwartungen der Benutzer abweicht.

### **4.3 Ergebnisse Studie B**

In diesem Unterkapitel erfolgt eine Beschreibung der Ergebnisse aus der Studie B. Zunächst wird gezeigt, welche der systemunabhängigen Erwartungen verifiziert werden konnten, indem die Abweichungen zwischen Erwartungen und System in Bezug auf die zuvor gemachten Vorhersagen geschildert werden. Im Anschluss folgen die Ergebnisse zu den Auswirkungen dieser Abweichungen auf Zufriedenheit und subjektive Schwierigkeitsbeurteilung und schließlich zuletzt eine kurze Zusammenfassung dieser Ergebnisse.

#### **4.3.1 Benutzererwartungen an Bedienabläufe in System B**

Die Beschreibung der Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und implementierten Bedienabläufen des Systems B erfolgt in diesem Abschnitt entsprechend den einzelnen Schritten des Auswertungsschemas (vgl. Abschnitt 3.2.3). Zu jedem Schritt werden die wichtigsten Ergebnisse berichtet, ergänzende detaillierte tabellarische Darstellungen finden sich im Anhang.

##### *4.3.1.1 Identifizierung, Kategorisierung und Filterung der modellrelevanten Bedienhandlungen (Schritte 1 und 2)*

An System B wurden von 20 Probanden insgesamt 7605 Bedienhandlungen ausgeführt, pro Proband demnach im Schnitt 380,20 ( $s=72,93$ ). Von diesen 7605 Bedienhandlungen waren 2479 (32,59%) korrekt ausgeführte Soll-Bedienhandlungen und 5126 (67,41%) Fehlbedienungen. 1675 (22,02%) Bedienhandlungen waren auf ein abweichendes mentales Modell zurückzuführen, 1356 (17,83%) auf das Fehlen eines konkreten Modells. 404

(5,31%) Bedienhandlungen wurden als Aufmerksamkeits-Fehler und 1693 (22,26%) als sonstige zusätzliche Bedienhandlungen herausgefiltert. Tabelle 4-2 zeigt eine Übersicht.

Tabelle 4-2: Kategorisierung aller ausgeführten Bedienhandlungen, Studie B

<b>Bedienhandlungs-Oberkategorie</b>	<b>Summe (alle Pbn)</b>	<b>Prozent</b>
Korrekt ausgeführte Soll-Bedienhandlungen (adäquates mentales Modell)	2479	32,59%
Konkrete Verwechslungen (abweichendes mentales Modell)	1675	22,02%
Such-Bedienhandlungen (kein mentales Modell)	1356	17,83%
Aufmerksamkeits-Fehler (irrelevant, gefiltert)	404	5,31%
Sonstige zusätzliche Bedienhandlungen (irrelevant, gefiltert)	1693	22,26%

#### *4.3.1.2 Ermittlung der bedeutsamen Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und System (Schritt 3)*

Es wurden im Mittel über alle Probanden zwischen einer und 10,2 modell-relevante Bedienhandlungen pro Soll-Bedienhandlung ausgeführt (Mittelwert über alle Soll-Bedienhandlungen=3,46;  $s=0,86$ ). Von 20 bearbeiteten Aufgaben wichen sieben Aufgaben nicht systematisch von den Erwartungen der Benutzer ab. Bei den übrigen 13 Aufgaben ergaben sich für einzelne Soll-Bedienhandlungen Abweichungen. Von insgesamt 146 Soll-Bedienhandlungen überschritten 29 (19,9%) die Kriterien für auffällige Abweichungen und wurden so als nicht übereinstimmend mit den Benutzererwartungen identifiziert. Eine detaillierte Auflistung aller abweichenden Soll-Bedienhandlungen des Systems B und ihrer Werte auf den Abweichungsindikatoren findet sich in Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13 im Anhang.

#### *4.3.1.3 Ermittlung und Visualisierung der interindividuellen Übereinstimmung für die Benutzererwartungen (Schritte 4 und 5)*

Für sechs der auffällig abweichenden Soll-Bedienhandlungen ergaben sich abweichende mentale Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung, d.h. 50% der Probanden oder mehr hatten die gleiche vom System abweichende Erwartung. Diese sind genauer in Abschnitt 4.3.1.5 beschrieben. Durch eine Anpassung der Bedienabläufe an diese Erwartungen der Probanden würden viele Fehlbedienungen vermieden werden können (vgl. Abschnitt 4.3.1.4). Bei zwölf der von der Erwartung abweichenden Soll-Bedienhandlungen hatten zwischen 25% und 50% der Probanden die gleiche Erwartung (mittelhohe interindividuelle Übereinstimmung). Für diese Stellen im Bedienablauf sollten Verän-

derungen nur so vorgenommen werden, dass die Erwartung der Mehrheit der Probanden ebenfalls weiterhin vom System erfüllt wird. Für weitere elf der von den Soll-Bedienhandlungen abweichenden Erwartungen ergaben sich niedrige interindividuelle Übereinstimmungen, d.h. weniger als 25% der Probanden hatten die gleiche Erwartung oder die Mehrheit hatte keine konkrete Erwartung.

Eine verbale Beschreibung aller Abweichungen zwischen Erwartungen der Benutzer und den Bedienabläufen des Systems B erfolgt im Anhang in Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13. Die Status-Übergangs-Diagramme, welche alle abweichenden Erwartungen mit sehr hoher und mittel hoher Übereinstimmung darstellen, finden sich ebenfalls im Anhang, Abbildung 7-18 bis Abbildung 7-26.

#### *4.3.1.4 Ursachen für die Abweichungen zwischen erwarteten und implementierten Bedienabläufen und Vorteile durch systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen (Schritte 6 und 7)*

Von den 29 bedeutsamen Abweichungen zwischen Benutzererwartungen und implementierten Bedienabläufen des Systems B sind annähernd die Hälfte (13) auf von der Erwartung abweichende oder fehlende Menübezeichnungen zurückzuführen. Bei neun der Abweichungen erwarteten die Benutzer eine andere Menüstruktur oder Reihenfolge im Bedienablauf als in System B implementiert. Bei sieben Soll-Bedienhandlungen entsprach das Mapping zwischen Bedienelement und seiner Auswirkung im Menü nicht den Erwartungen der Benutzer. Tabelle 4-3 gibt einen Überblick der Ursachen für die Abweichungen zwischen Erwartung und System und führt Beispiele für jede dieser Ursachen auf. Des Weiteren sind in dieser Tabelle systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen zur Behebung der wichtigsten Abweichungen vorgeschlagen und angegeben, welcher Anteil der Fehlbedienungen durch diese Gestaltungsmaßnahmen jeweils hätte vermieden werden können. Insgesamt könnten durch die in Tabelle 4-3 beschriebenen Gestaltungsmaßnahmen 1031 (92,1%) der 1119 bei den aufgeführten Soll-Bedienhandlungen aufgetretenen Fehlbedienungen vermieden werden.



Tabelle 4-3: Ursachen für Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell in System B, Beispiele für solche Abweichungen und Anteil der durch Umsetzung systemspezifischer Gestaltungsvorschläge vermeidbaren Fehlbedienungen

auffällige Abw.		Bsp. für auffällige Abweichung zw. Erwartung und System bzgl. dieser Ursache	Gestaltungsvorschlag zur Angleichung des Systems an die Benutzererwartung	Vermeidb. Fehlbed.
Ursache	Anz.			
Bezeichnung	13	„OK“ wird erwartet als „weiter“ zum nächsten Schritt bei der Eingabe von Daten in formularähnlichen Menüs.	Um dieses mentale Modell weniger stark nahezulegen, könnte der Menüpunkt „OK“ entsprechend seiner tatsächlichen Bedeutung umbenannt werden in „fertig“ oder „speichern“ und etwas weiter entfernt von den Buchstaben angeordnet werden, um nicht so stark mit der eben erfolgten Buchstabeneingabe assoziiert zu werden.	72,9%
		Funktion „Radiosender speichern“ ist versteckt unter langem Tastendruck und nicht explizit bezeichnet.	Durch kurzen Tastendruck das Speichern eines Radiosenders aus dem Menü „Speicher“ ermöglichen, wenn nötig durch zusätzlichen Bedienschritt.	93,9%
Struktur	9	Es wird erwartet, die Funktionsbereiche SMS und Adressbuch vom Telefon-Grundmenü aus erreichen zu können.	Zugang zu den Funktionsbereichen „SMS“ und „Adressbuch“ vom Telefon-Grundmenü aus ermöglichen	100%
		Es wird erwartet, einen Adressbucheintrag sowohl von der Namensliste aus als auch aus dem geöffneten Eintrag heraus löschen zu können.	Die Funktion „löschen“ sowohl im Optionen-Menü auf der Ebene des Eintrages als auch auf der Ebene der Namensliste verfügbar machen.	92,2%
		Es wird erwartet, eine CD, um sie anzuhören, einfach in die Öffnung einschieben zu können.	CD einlegen in den Wechsler zu jedem Zeitpunkt ermöglichen	69,3%
Mapping	7	Wechsel zum nächsten Eingabefeld wird erwartet über Schieben des ZBE „nach unten“.	Widerspruch aufheben, der darin besteht, „nach oben“ schieben zu müssen um so den Speller ausblenden und schließlich nach unten scrolen zu können.	37,7%

#### *4.3.1.5 Vorhergesagte Abweichungen einzelner Soll-Bedienhandlungen*

Für alle 146 an System B untersuchten Soll-Bedienhandlungen bestanden Vorhersagen darüber, ob die Benutzer mit dem implementierten Bedienablauf übereinstimmende mentale Modelle bilden würden und wenn nicht, inwiefern die gebildeten mentalen Modelle von dem implementierten Bedienablauf abweichen würden. 35 Vorhersagen waren aufgestellt worden, weil entweder die Bedienabläufe des Systems A abwichen von den Benutzererwartungen oder die Bedienabläufe des Systems B von denen des Systems A oder beides (vgl. Abschnitt 4.2.3.1). Von diesen 35 Vorhersagen erfüllten sich 32 ganz oder teilweise. Diese sind in Tabelle 7-11 im Anhang beschrieben. 24 Abweichungen traten vollständig wie vermutet ein: Die Indikatorwerte für bedeutsame Abweichungen wurden überschritten und die Soll-Bedienhandlung wich in der vorhergesagten Weise von der Erwartung ab. Acht Vorhersagen erfüllten sich nur teilweise. Für diese acht teilweise erfüllten Vorhersagen ergab sich zwar bei der Soll-Bedienhandlung wie vermutet eine Abweichung zwischen mentalem und konzeptuellem Modell, jedoch war der Inhalt der Erwartungen nicht exakt vorhergesagt worden. Drei der 35 aufgestellten Vorhersagen über die Erwartungen der Benutzer erfüllten sich nicht, d.h. an diesen Stellen trat keine bedeutsame Abweichung ein (vgl. Tabelle 7-12 im Anhang).

Die übrigen 111 Vorhersagen bezogen sich auf Soll-Bedienhandlungen des Systems B, für welche die Probanden mentale Modelle bilden würden, die mit dem konzeptuellen Modell übereinstimmen würden, genau wie bei den äquivalenten Stellen in System A. Für acht dieser 111 Soll-Bedienhandlungen ergaben sich entgegen der Vorhersage bedeutsame Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell, für eine davon sogar eine Erwartung mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung. Sie sind in Tabelle 7-13 im Anhang ausführlich beschrieben. Insgesamt konnte das Bedienverhalten der Probanden in Studie B demnach für 127 von 146 Soll-Bedienhandlungen vollständig korrekt und für acht Soll-Bedienhandlungen teilweise korrekt vorhergesagt werden.

Die folgenden drei mentalen Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung waren korrekt vorhergesagt worden. Für das Speichern eines Radiosenders aus der Übersicht der gespeicherten Sender war vorhergesagt worden, dass die Bestätigung des Speicherplatzes über einen langen Druck des ZBE bei dieser Aufgabe Fehlbedienungen hervorgerufen würde. Es wurde vorhergesagt, dass die Probanden wie in System A auf Grund der nicht vorhandenen Bezeichnung dieser versteckten Funktion (langer Druck) erwarten würden, in der Übersicht der gespeicherten Sender den gewünschten Speicherplatz mittels eines kurzen Druckes bestätigen zu können. Abbildung 4-3 zeigt das Radiomenü mit geöffnetem Speichermenü und darin markiert die Erwartungen der Probanden an das Bestätigen des Speicherplatzes. Tatsächlich machten 76,5% der Probanden (n=19) den vorher-

gesagten Fehler und wählten so einen Sender aus anstatt den aktuellen Sender auf dem bestätigten Platz zu speichern. Zwölf Probanden (63,2%) schafften es daraufhin gar nicht mehr, die Aufgabe zu lösen, d.h. einen Sender abzuspeichern.

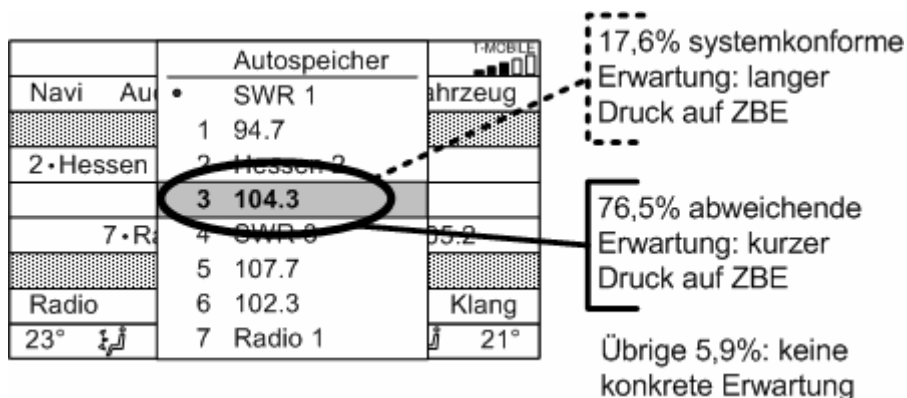


Abbildung 4-3: Erwartungen der Probanden beim Speichern eines Radiosenders, System B; n=19

Für das Abspielen einer noch außerhalb des Gerätes befindlichen CD war vorhergesagt worden, dass Fehlbedienungen an der Stelle entstehen würden, an welcher das Fach des DVD-Wechslers ausgewählt werden muss, in welches die CD hineingelegt werden soll. Abbildung 4-4 zeigt schematisch die Oberfläche des DVD-Wechslers und darin markiert die Erwartungen der Probanden. 70% der Probanden (n= 20) erwarteten, die CD sogleich in den Schlitz einführen zu können, ohne vorher eine zusätzliche Bedienhandlung ausführen zu müssen. Nur ein Proband (5%) drückte wie vorgesehen als erstes die Taste für Fach 3. 13 Probanden lösten diese Soll-Bedienhandlung nicht wie vorgesehen, sondern umgingen sie, was später weitere Fehlbedienungen hervorrief.

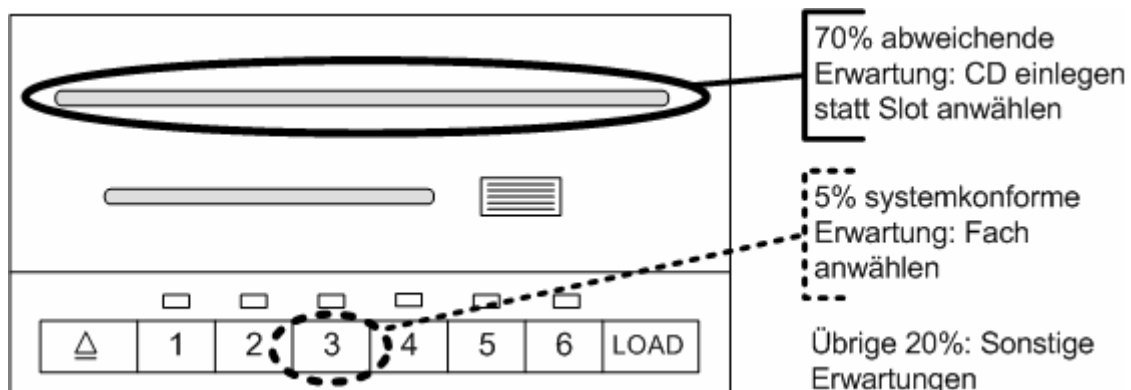


Abbildung 4-4: Erwartungen der Probanden beim Einlegen einer CD, System B; n=20

Für die direkte Anwahl eines Titels war vorhergesagt worden, dass überflüssige Bedienhandlungen entstehen würden, weil die Probanden mehrmals die skip-Funktion betätigen würden, anstatt die Titelliste zu öffnen und darin einen Titel auszuwählen. Tatsächlich taten dies 68,4% der Probanden und nur 21,1% benutzten das Menü „Titelliste“. Abbildung

4-5 zeigt das Grundmenü CD und darin markiert die Erwartungen der Probanden bei der direkten Anwahl eines Titels.

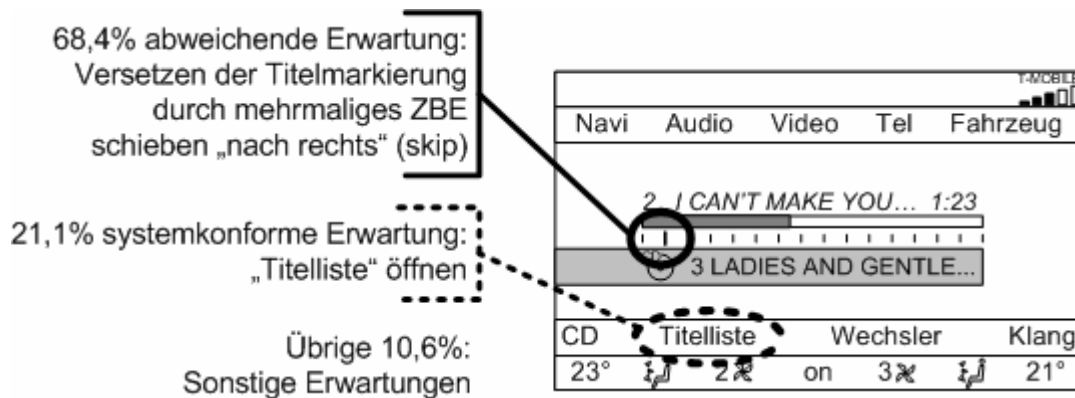


Abbildung 4-5: Erwartungen der Probanden bei der direkten Titelwahl, System B; n=19

Die folgenden beiden mentalen Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung wurden teilweise korrekt vorhergesagt. Für die Eingabe von Daten in formularähnliche Menüs war vorhergesagt worden, dass die Erwartung der Benutzer bezüglich des Menüpunktes mit der Bezeichnung „ok“ von dessen implementierter Funktion abweichen würde und dass deshalb die Probanden die Option „ok“ benutzen würden, um zum nächsten Eingabefeld zu wechseln. Tatsächlich war dies bei der ersten Aufgabe mit einer solchen Dateneingabe nicht der Fall. Der Wechsel zum nächsten Eingabefeld erwies sich bei der Aufgabe „Navigationsziel speichern“ zwar wie vorhergesagt als bedeutsam von der Erwartung abweichend. Es ergab sich aber vielmehr eine vom implementierten Bedienablauf abweichende Erwartung mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung dahingehend, dass die Probanden erwarteten, durch ein Schieben des ZBE nach unten vom Feld „Vorname“ zum Feld „Nachname“ wechseln zu können. Abbildung 4-6 zeigt schematisch das Menü zur Eingabe des Namens beim Abspeichern eines Navigationsziels und darin markiert die Erwartungen der Probanden. 84,6% (n=13) erwarteten, die Einfügemarke durch ein Schieben des ZBE nach unten versetzen zu können, verschoben dadurch aber lediglich den Cursor in die unterste Menüzeile. Der tatsächlich zu benutzende Pfeil entsprach nur der Erwartung von 15,4% der Probanden. Die übrigen sieben Probanden führten diesen Wechsel nicht durch, sondern gaben den Nachnamen im Feld „Vornamen“ ein.

Für das Formular zur Eingabe eines Adressbucheintrages allerdings traten Fehlbedienungen in der vorhergesagten Form bei einem Teil der Probanden auf. Abbildung 4-7 zeigt das Eingabeformular für einen Adressbucheintrag und darin markiert die Erwartungen der Probanden. Bei dieser Aufgabe ergaben sich zwei vom System abweichende Erwartungen mit je mittel hoher interindividueller Übereinstimmung. 40% der Probanden erwarteten, mit „ok“ zum nächsten Feld wechseln zu können, speicherten so aber die bisher ein-

gegebenen Daten ab und mussten zusätzliche Bedienhandlungen ausführen, um die Fehlbedienung wieder auszugleichen. 25% folgten dem instinktiven Impuls, das ZBE nach unten zu schieben, obwohl dies lediglich den Cursor in die unterste Menüzeile steuerte. Acht Probanden schafften es nicht, das nächste Feld „Tel. fest“ anzuwählen.

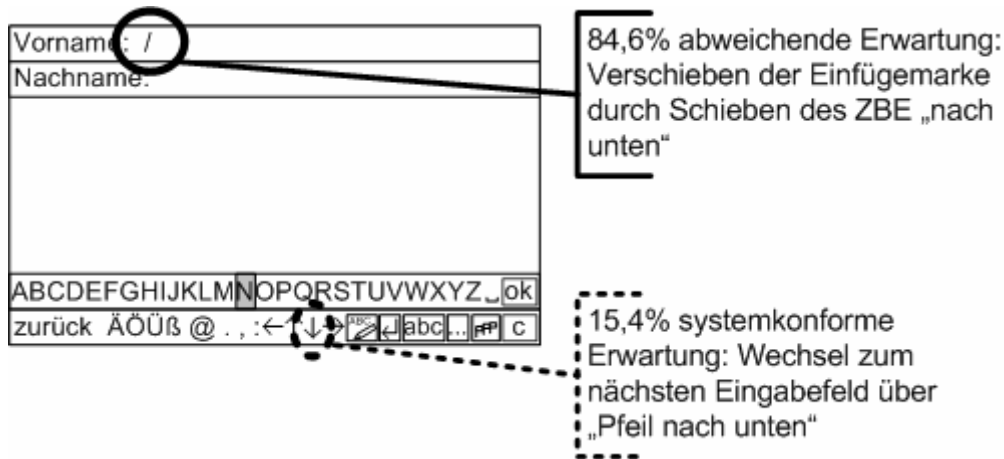


Abbildung 4-6: Erwartungen der Probanden beim Wechsel zum nächsten Eingabefeld, Aufgabe „Navigationsziel speichern“, System B; n=13

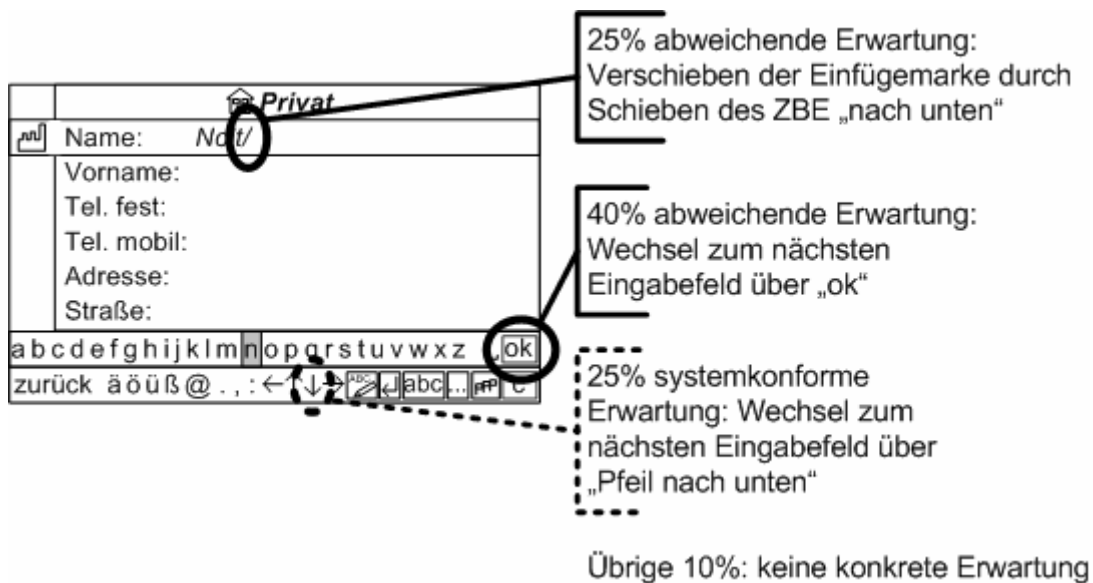


Abbildung 4-7: Erwartungen der Probanden beim Wechsel zum nächsten Eingabefeld, Aufgabe „Adressbucheintrag anlegen“, System B; n=20

Über die fünf Soll-Bedienhandlungen, zu denen ein nächstes Eingabefeld angewählt werden musste, zeigte sich ein Lerneffekt. Abbildung 4-8 zeigt, dass der Anteil an Probanden, die bei dieser Soll-Bedienhandlung keinen Fehler machen, von 15,4% auf 53,3% steigt.

Für die Eingabe eines Navigationszieles hatte Studie A ergeben, dass Benutzer erwarten, nach der Bestätigung des Ortes zur Straßeneingabe zu gelangen. Es war deshalb für Sys-

tem B vorhergesagt worden, dass die sich bei Bestätigung des Ortes („München“) öffnende Unterliste nicht den Erwartungen der Probanden entsprechen würde. Da die implementierte Struktur des Bedienablaufes den Erwartungen der Probanden widerspräche, würden so Fehlbedienungen ausgelöst.

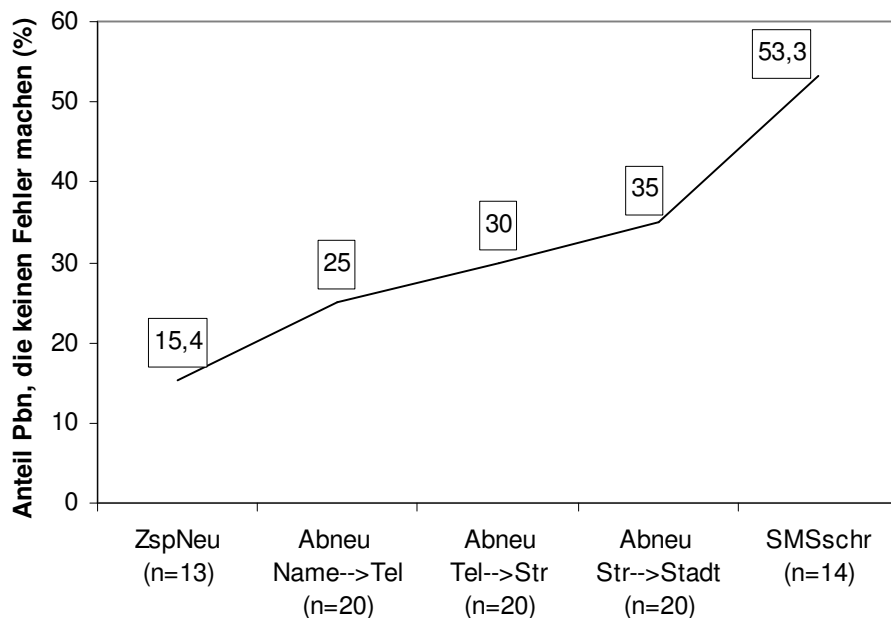


Abbildung 4-8: Anteil an Probanden, welche beim Wechsel zum nächsten Eingabefeld in verschiedenen Aufgaben in Studie B keinen Fehler machen

Tatsächlich erwarteten 50% der Probanden (n=20) eine andere Struktur als implementiert und führten überflüssige Bedienhandlungen aus, weil sie versuchten, „München“ erneut zu bestätigen und so zuerst die Subliste wieder schlossen. Abbildung 4-9 zeigt das entsprechende Menü mit den Erwartungen.

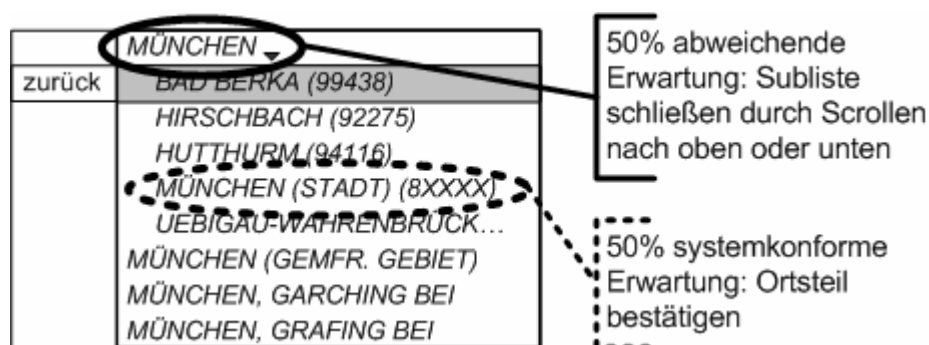


Abbildung 4-9: Erwartungen der Probanden bei der Auswahl des Ortsteils, System B; n=20

Für das Öffnen des Obermenüs „Tel“ in verschiedenen Aufgaben wurde vorhergesagt, dass die Probanden kein adäquates mentales Modell würden bilden können, da sie eine

andere Menüstruktur erwarten würden und keine Bezeichnung im Menü auf das Vorhandensein dieses Obermenüs hindeutet. Es zeigte sich wie vermutet, dass bei den meisten Aufgaben, welche diese Soll-Bedienhandlung erforderten, eine Mehrheit der Probanden keine konkreten Erwartungen hatte, wie genau der gewünschte Funktionsbereich anzuwählen sei. Stattdessen zeigte eine Mehrheit der Probanden Suchverhalten, wodurch viele unnötige Bedienhandlungen entstanden. Es zeigte sich über die fünf Wiederholungen dieser Soll-Bedienhandlung bei verschiedenen Aufgaben ein Lerneffekt (vgl. Abbildung 4-10). Nachdem die Probanden beim ersten Öffnen des Obermenüs „Tel“ im Durchschnitt noch über zehn Bedienhandlungen ( $s=6,74$ ) benötigten, schafften sie es bei der fünften Wiederholung fast auf Anhieb (1,1 ausgeführte Bedienhandlungen;  $s=0,52$ ).

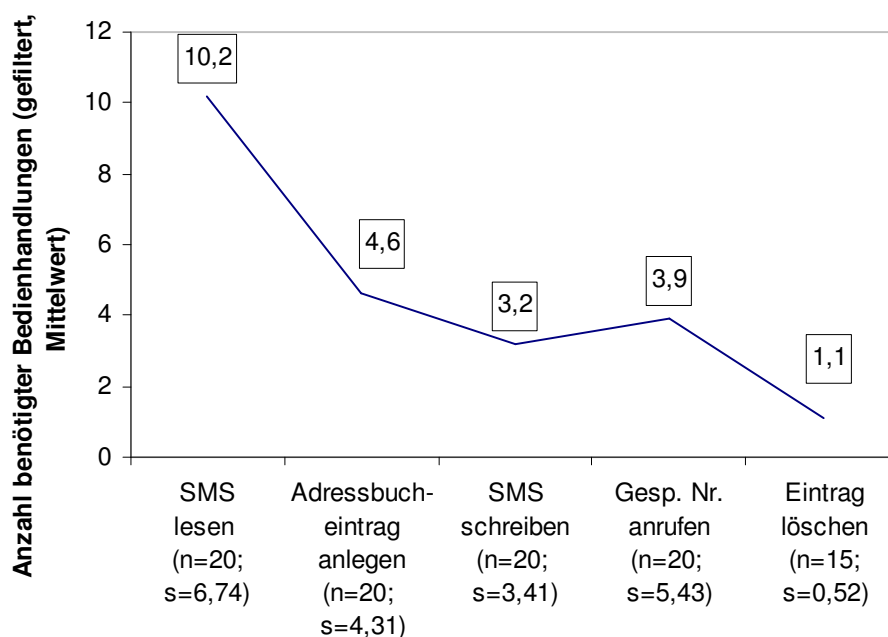


Abbildung 4-10: Anzahl der zum Öffnen des Obermenüs „Tel“ benötigten Bedienhandlungen für alle Aufgaben, bei denen diese Bedienhandlung vorkam

Eine Besonderheit zeigte sich für das Öffnen des Obermenüs „Tel“ beim Lesen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht. Hier ergab sich eine nicht vorhergesagte, vom implementierten Bedienablauf abweichende Erwartung mit mittel hoher interindividueller Übereinstimmung dahingehend, dass 35% der Probanden ( $n=20$ ) erwarteten, vom Ausgangsmenü (Navigation) durch Anwählen des Briefumschlag-Symbols direkt ohne Zwischenschritte zum Text der neuen Nachricht zu gelangen. Auch nach der nächsten Bedienhandlung, vom bereits geöffneten Telefon-Grundmenü aus, bestand diese Erwartung (bei 20% der Probanden als erste Erwartung, 35% der Probanden versuchten mindestens einmal, das Briefumschlag-Symbol anzuwählen, bevor sie die Soll-Bedienhandlung abschlossen;  $n=20$ ). Abbildung 4-11 zeigt diese Erwartungen im Vergleich zum implementierten Bedien-

ablauf. Die grauen, dünnen Pfeile symbolisieren diejenigen Soll-Bedienhandlungen, welche mit den Erwartungen der Probanden übereinstimmen. Diese Soll-Bedienhandlungen überschritten nicht die in Schritt 3 der Auswertung (vgl. Abschnitt 3.2.3.3) angelegten Kriterien für bedeutsame Abweichungen zwischen mentalen Modellen und konzeptuellem Modell und es wurden keine Prozentzahlen für erwartete Bedienabläufe ermittelt. Ein grauer Pfeil zeigt also gleichzeitig den implementierten und den erwarteten Bedienablauf.

Alle schwarzen Pfeile zeigen erwartete Bedienabläufe für diejenigen Soll-Bedienhandlungen, für welche sich in Schritt 3 auffällige Abweichungen ergeben hatten. Die gestrichelten schwarzen Pfeile symbolisieren an diesen Stellen die mit dem System übereinstimmenden Erwartungen. Auf Grund seiner mit der implementierten Soll-Bedienhandlung übereinstimmenden Erwartung führte der hier angegebene Teil der Probanden die durch den gestrichelten Pfeil gezeigte Bedienhandlung korrekt aus und erreichte dadurch den angegebenen Systemzustand. Die schwarzen, durchgehenden Pfeile wiederum zeigen die vom implementierten Bedienablauf abweichenden Erwartungen. Der für diese Pfeile angegebene Anteil der Probanden führte die durch den Pfeil beschriebene Bedienhandlung in der Erwartung und Absicht aus, den angegebenen Systemzustand zu erreichen. Tatsächlich wurde der abgebildete Systemzustand durch die abweichende Erwartung jedoch nicht erreicht, sondern stellt den erwarteten, durch die Bedienhandlung beabsichtigten Systemzustand dar.

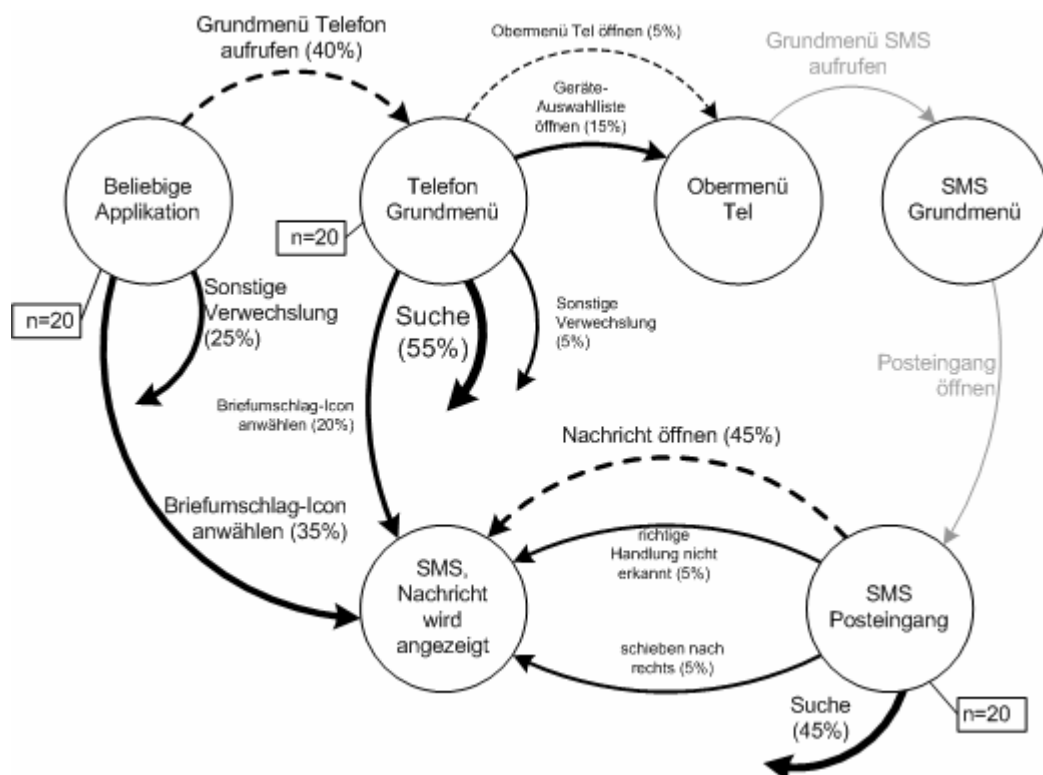


Abbildung 4-11: Erwarteter und implementierter Bedienablauf für das Öffnen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht, System B; n=20



In denjenigen Fällen, in denen ein anderer als der nächste tatsächlich implementierte Systemzustand erwartet wurde, ist dieser als kleinerer Kreis dargestellt. Für alle schwarzen Pfeile (Erwartungen) ist ihre Dicke jeweils proportional zu dem Anteil der Probanden, welcher diese Erwartung hatte, und repräsentiert so den Grad an interindividueller Übereinstimmung in den Erwartungen der Probanden. Die zu den Pfeilen angegebenen Prozentzahlen sind jeweils gerechnet von der Anzahl an Probanden, welche einen Systemzustand erreicht hatten und von diesem aus agierten (angegeben in schwarzen Rechtecken).

Für eine weitere Soll-Bedienhandlung, für welche aus Studie A keine Abweichung vorhergesagt worden war, ergab sich eine abweichende Erwartung mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung: Für das Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch war aus den Ergebnissen der Studie A geschlossen worden, dass die Verfügbarkeit der Option „löschen“ aus der Ebene der Namensliste genau den Erwartungen der Benutzer entspräche und dass für System B bei der Auswahl der Option „löschen“ keine systematischen Fehlbedienungen zu erwarten seien, weil die Option „löschen“ im Optionen-Menü der Namensliste verfügbar ist. Tatsächlich ergab sich aber eine sehr hohe interindividuelle Übereinstimmung (53,3%, n=15) für die Erwartung, dass in der Namensliste zunächst der zu löschende Eintrag geöffnet werden müsse, um dann erst in dem geöffneten Eintrag die Funktion „löschen“ auszulösen. Die Struktur des implementierten Bedienablaufes des Systems B wich demnach von den Erwartungen der Mehrheit der Probanden ab. Nur 46,7% der Probanden öffneten wie vorgesehen das Menü „Optionen“, Abbildung 4-12 zeigt das Menü und die Erwartungen.

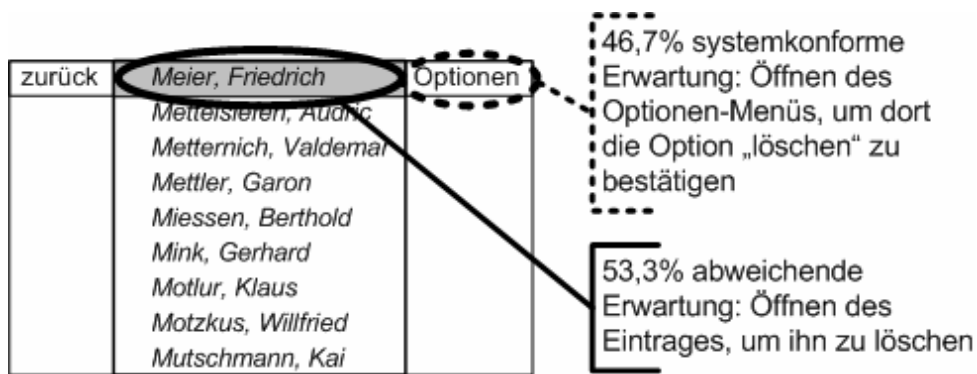


Abbildung 4-12: Erwartungen der Probanden beim Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch, System B; n=15

Abbildung 4-13 zeigt die Erwartungen der Probanden im Vergleich zu dem in System implementierten Bedienablauf für die gesamte Aufgabe „Eintrag löschen“ als Status-Übergangs-Diagramm. Die Probanden erwarten, den zu löschenden Eintrag entweder aus dem Grundmenü (6 von 15 = 40%) oder aus der Namensliste (8 von 15 = 53%) zu öffnen

und dann im Optionen-Menü der Detailansicht die Funktion „löschen“ auswählen zu können (11 von 14 = 79%).

Insgesamt wurden drei der mentalen Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung korrekt, zwei teilweise korrekt und eines gar nicht vorhergesagt. Es gab keine Soll-Bedienhandlung, für welche eine Abweichung mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung vorhergesagt wurde, aber nicht eintrat. Informationen zu weiteren Abweichungen zwischen Erwartungen und implementierten Bedienabläufen sowie die Abweichungs-Indikatoren und die prozentualen Anteile für die Erwartungen der Benutzer zu allen Abweichungen finden sich im Anhang (Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13).

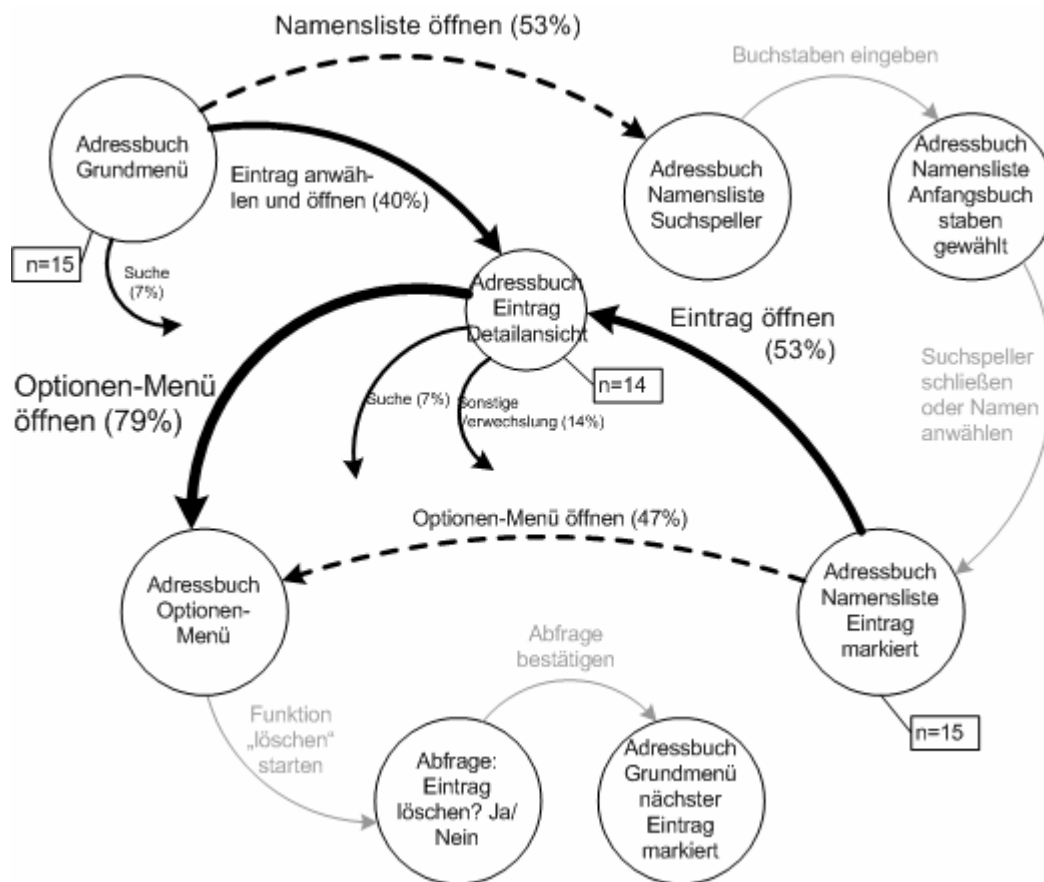


Abbildung 4-13: Erwarteter und implementierter Bedienablauf für das Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch, System B; n=15

#### 4.3.2 Unterschiede zwischen erwartungskonformen und erwartungskonträren Bedienabläufen

Es stellte sich aufbauend auf den festgestellten Abweichungen zwischen Erwartungen und System die Frage, welche Auswirkungen diese Abweichungen auf Zufriedenheit und subjektiv beurteilte Schwierigkeit der Benutzer haben würden. Es war vermutet worden, dass die Probanden mit Aufgaben, deren Bedienablauf ihren Erwartungen entspricht, zu-

friedener sein würden (Hypothese B1) und dass sie diese als weniger schwierig einschätzen würden (Hypothese B2) als Aufgaben, deren Bedienablauf von ihren Erwartungen abweicht.

Zwei t-Tests für abhängige Stichproben verglichen die Mittelwerte aller Probanden für Zufriedenheit und Schwierigkeit über diejenigen sieben Aufgaben, deren Bedienablauf mit den Erwartungen übereinstimmte, mit den Mittelwerten über diejenigen 13 Aufgaben, deren Bedienabläufe für mindestens eine Soll-Bedienhandlung eine bedeutsame Abweichung aufwiesen.

Die Daten stützen beide Hypothesen: Die Probanden waren zufriedener mit den Aufgaben, deren Bedienabläufe keine Abweichungen zwischen Erwartungen und System aufwiesen ( $m_{ZuABW}=3,31$ ;  $m_{ZuÜB}=4,18$ ;  $s_{ZuABW}=0,36$ ;  $s_{ZuÜB}=0,52$ ;  $T=7,78$ ;  $p=0,000$ ) als mit Aufgaben, welche mindesten eine bedeutsame Abweichung aufwiesen. Aufgaben, deren Bedienabläufe in mindestens einer Soll-Bedienhandlung bedeutsam von den Erwartungen der Benutzer abwichen, wurden von den Probanden subjektiv als schwieriger beurteilt als solche Aufgaben, deren Bedienabläufe mit den Erwartungen übereinstimmten ( $m_{SchwiABW}=2,44$ ;  $m_{SchwiÜB}=1,44$ ;  $s_{SchwiABW}=0,41$ ;  $s_{SchwiÜB}=0,32$ ;  $T=-12,55$ ;  $p=0,000$ ).

#### 4.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse Studie B

Insgesamt stimmen auch die Bedienabläufe des Systems B größtenteils gut mit den Erwartungen der Benutzer überein. Für vier Fünftel der untersuchten Soll-Bedienhandlungen ergaben sich keine bedeutsamen Abweichungen zwischen dem mentalen und dem konzeptuellen Modell.

Insgesamt ließ sich für 135 von 146 Soll-Bedienhandlungen der untersuchten Bedienabläufe des Systems B aus den Erkenntnissen der Studie A gut vorhersagen, ob sie mit den von Benutzern gebildeten mentalen Modellen übereinstimmen würden oder nicht. Acht dieser 135 Vorhersagen bestätigten sich teilweise, die anderen vollständig. Für drei Soll-Bedienhandlungen wurden Abweichungen von den Benutzererwartungen vorhergesagt, die nicht eintraten. Es ergaben sich acht von den Benutzererwartungen abweichende Soll-Bedienhandlungen, welche als zuvor übereinstimmend vorhergesagt worden waren. Die meisten der systemunabhängigen mentalen Modelle ließen sich demnach verifizieren.

Es ergaben sich ähnliche grundsätzliche Abweichungen der implementierten Bedienabläufe von den Erwartungen wie in Studie A:

- Ähnlich wie in Studie A wurde die Menüoption „ok“ als Universal-Option zum Abschließen der gerade bearbeiteten Bedienhandlung interpretiert.

- Die Funktionsbereiche Adressbuch und SMS werden als Unterfunktionen im Funktionsbereich Telefon erwartet, sind aber im Menü nicht so angeordnet.
- Die Erwartungen bezüglich des Mappings der Bewegung des ZBE und ihrer Auswirkungen im Menü weichen teilweise von der Implementierung ab.

Insgesamt ergaben sich sechs mentale Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung. Durch gezielte, systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen würden sich etwas über 90% der unnötigen, durch diese Abweichungen hervorgerufenen Fehlbedienungen vermeiden lassen. Für mehrfach ausgeführte Soll-Bedienhandlungen traten Lerneffekte auf.

Die von den Erwartungen der Probanden abweichenden Bedienabläufe führen zu niedrigeren Zufriedenheitswerten und zu subjektiv höher beurteilter Schwierigkeit.

## **4.4 Diskussion Studie B**

Studie B hatte zum Ziel, die Systemunabhängigkeit der in Studie A ermittelten mentalen Modelle zu verifizieren. Zu diesem Zweck wurden in System B all diejenigen Bedienabläufe untersucht, für welche in System A Erkenntnisse über die konkreten Erwartungen der Benutzer an diese Bedienabläufe ermittelt worden waren. Aus den in Studie A ermittelten mentalen Modellen und aus den Gegebenheiten des konzeptuellen Modells des Systems B wurden für jede Bedienhandlung dieser untersuchten Bedienabläufe konkret vorhergesagt, inwiefern sie mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen würde. Des Weiteren sollte in Studie B gezeigt werden, dass diejenigen Bedienabläufe, welche von den Erwartungen der Benutzer abweichen, von den Benutzern als schwieriger empfunden werden und zu geringerer Zufriedenheit führen als Bedienabläufe, welche mit dem mentalen Modell übereinstimmen.

### **4.4.1 Kategorisierung der aufgetretenen Ist-Bedienhandlungen**

Zu Beginn der Auswertungen erfolgte in Studien A und B eine Kategorisierung aller ausgeführten Bedienhandlungen. In beiden Studien ergeben sich unterschiedliche Verteilungen auf die verwendeten Kategorien. Etwa ein Fünftel der ausgeführten Bedienhandlungen in Studie A gingen auf Aufmerksamkeitsfehler oder Absichten der Probanden außerhalb der Aufgabenstellung zurück und waren daher nicht relevant für Rückschlüsse auf vorhandene mentale Modelle. Ein Drittel der Bedienhandlungen in Studie A war korrekt im Sinne von übereinstimmend mit den Anforderungen des Systems und etwa ein Achtel der Bedienhandlungen kam auf Grund konkreter, vom System abweichender Erwartungen zu

Stande. Mit etwas mehr als einem Drittel aller ausgeführten Bedienhandlungen war der Anteil der Such-Bedienhandlungen in Studie A relativ hoch.

Die Verteilung für Studie B war ähnlich bis auf zwei auffällige Aspekte. Erstens ist insgesamt die Anzahl der ausgeführten Bedienhandlungen in Studie B trotz weniger ausgeführter Aufgaben höher als in Studie A und der Anteil der als irrelevant für die Analyse der Benutzererwartungen herausgefilterter Bedienhandlungen ist ebenfalls höher: Mit knapp unter 30% wurden in Studie B fast ein Zehntel mehr Bedienhandlungen herausgefiltert. Diese Unterschiede sind wahrscheinlich auf das unterschiedliche zentrale Bedienelement zurückzuführen. Während in Studie A die Probanden Menüpunkte, welche sie als nächste in Betracht zogen, anschauten und verbal benannten, markierten die Probanden der Studie B häufig gleichzeitig den jeweils betrachteten Menüpunkt mit dem Cursor, oder drehen während des Überlegens am ZBE, so dass mehr irrelevante Bedienhandlungen entstanden, welche dann herausgefiltert wurden.

Zweitens ist der Anteil an Bedienhandlungen, welche auf das Fehlen eines handlungsleitenden mentalen Modells zurückzuführen war, in Studie B auffallend niedriger als in Studie A: Er liegt bei unter einem Viertel. Dies ist einerseits bedingt durch die Auswahl der Aufgaben. Es wurden für Studie B solche Aufgaben verwendet, für welche sich das Bedienverhalten aus spezifischen Benutzererwartungen vorhersagen ließ. Andererseits setzte die Hilfestellung des Versuchsleiters früher ein. Die Hilfestellung wurde für Studie B geändert, um das *trial and error* Verhalten früher zu unterbrechen als in Studie A (vgl. Beschreibung der Hilfestellungen in den beiden Studien im Anhang, S. 183 ff.). In Studie A gab der Versuchsleiter erst Hilfestellungen, wenn ein Proband nicht mehr weiter wusste (Details s. Anhang). Dadurch entstanden relativ viele *trial and error* Bedienhandlungen und mit ihnen ein großer Auswertungsaufwand, ohne dass aus diesen nicht modellrelevante Fehlbedienungen Erkenntnisse über die gebildeten mentale Modelle gewonnen werden konnten. Für die zweite Studie wurde daher die Art der Hilfestellung verändert. Der Versuchsleiter griff früher ein (Details s. Anhang). Durch dieses Vorgehen war die Registrierung der zuerst ausgeführten Bedienhandlungen sichergestellt, welche wichtig sind für die Erhebung der konkreten Erwartungen sind. Die Anzahl an folgenden Suchfehlern wurde gesenkt und damit unnötiger Auswertungsaufwand für die überflüssigen Bedienhandlungen verringert.

#### 4.4.2 Verifizierung der systemunabhängigen mentalen Modelle

Für alle 146 in Studie B untersuchten Soll-Bedienhandlungen des Systems B wurden aus den Ergebnissen der Studie A und den Ergebnissen der Analyse des Systems B Vorhersagen zum Bedienverhalten der Probanden gemacht. Es wurde vorhergesagt, ob und an

welchen Stellen die im System implementierten Bedienabläufe von den Erwartungen der Benutzer abweichen würden und welche Fehlbedienungen daraus resultieren würden. Für die entsprechend den Vorhersagen mit den mentalen Modellen übereinstimmenden Soll-Bedienabläufe kann davon ausgegangen werden, dass sie systemübergreifend generell für die Bedienabläufe eines FIS gelten.

Für 111 Soll-Bedienhandlungen des Systems B, für welche die Bedienabläufe des Systems A die systemunabhängigen Erwartungen der Benutzer genau traf und für welche gleichzeitig das konzeptuelle Modell von System B mit dem von System A übereinstimmte, waren für System B keine Abweichungen zwischen konzeptuellem und mentalem Modell vermutet worden. Für die allermeisten Soll-Bedienhandlungen trafen diese Vermutungen zu. Für acht dieser Soll-Bedienhandlungen ergaben sich jedoch entgegen der Vorhersagen abweichende mentale Modelle der Benutzer, für eine davon sogar ein mentales Modell mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung.

Für das Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch beispielsweise stellte sich heraus, dass die Struktur des Bedienablaufes an zwei Stellen auffallend von den Erwartungen einer Mehrzahl der Probanden abwich. Anstatt im Optionen-Menü der Namensliste erwarteten die Probanden die Option „löschen“ ebenfalls im Optionen-Menü der Detailansicht des geöffneten Eintrages. Ein Unterschied zwischen System A und System B erklärt, warum diese Abweichungen nicht vorhergesagt wurden: In System A ist die Funktion „löschen“ auf der Ebene der Namensliste direkt als Softkey sichtbar und damit für die Benutzer leicht auffindbar, während in System B zunächst ein Menü „Optionen“ geöffnet werden muss, bevor die Funktion „löschen“ sichtbar wird. Durch diese nicht vorhergesagte Abweichung wird deutlich, dass das mentale Modell einer Mehrheit der Benutzer nicht heißt „die Funktion ‚löschen‘ finde ich auf der Ebene der Namensliste“, sondern eher „die Funktion ‚löschen‘ finde ich auf der Ebene des geöffneten Eintrages“. Die Ergebnisse aus Studie B sprechen dafür, dass die Probanden der ersten Studie nur deshalb schon auf der Ebene der Namensliste die richtige Option wählten, weil die eindeutige Bezeichnung „löschen“ prominent sichtbar war. In System B dagegen, wo sowohl auf der Ebene der Namensliste als auch in der Detailansicht alle Optionen in einem vorher zu öffnenden Untermenü angesiedelt waren, folgten die Probanden ihrer Erwartung bezüglich der Menüstruktur und öffneten zunächst den Eintrag. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse von Resnick und Sanchez (2004) lässt sich dies so deuten, dass auch in einem menügesteuerten FIS bei eindeutigen Bezeichnungen die Bedeutung der Menüstruktur als Anhaltspunkt für die Navigation im Menü in den Hintergrund tritt. Obwohl für diese Aufgabe das Bedienverhalten nicht korrekt vorhergesagt wurde, lässt sich auf ein bei einer Mehrheit der Probanden gebilde-

tes, systemübergreifendes mentales Modell schließen und eine generelle Erwartung der Benutzer an den Bedienablauf dieser Aufgabe formulieren (vgl. Kapitel 5).

Auch für das Lesen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht ergab sich eine nicht vorhergesagte, vom Soll-Bedienpfad abweichende Erwartung der Benutzer. Wie von handelsüblichen Handys bekannt, erwarteten die Probanden, eine neu eingegangene Nachricht direkt ohne Zwischenschritte öffnen zu können, durch Anwählen eines Menüpunktes, welcher das Vorhandensein einer neuen Nachricht anzeigt. Aus dieser Erwartung wurde eine allgemeine Gestaltungsempfehlung formuliert (Kapitel 5).

Für zwei der in System B untersuchten Soll-Bedienhandlungen war vorhergesagt worden, dass die mentalen Modelle in gleicher Weise wie in Studie A vom implementierten Bedienablauf abweichen würden, weil bei diesen Bedienabläufen das konzeptuelle Modell des Systems B mit dem des Systems A übereinstimmt. Eine dieser Vorhersagen betraf das mentale Modell des Bedienablaufes für die Aufgabe „Radiosender speichern“, welches wie vorhergesagt als systemübergreifend bestätigt werden konnte. So erwarteten die meisten Probanden in Studie B auf Grund der fehlenden Bezeichnung der gewünschten Funktion wie schon in Studie A ebenfalls nicht, einen langen Druck ausführen zu müssen, um den Speicherplatz zu bestätigen. Aus dieser systemübergreifenden Erwartung der Probanden lässt sich ein allgemeiner Vorschlag für die Gestaltung des Bedienablaufes dieser Aufgabe formulieren (vgl. Kapitel 5). Die zweite dieser Vorhersagen betraf ein mentales Modell, für welches bei System A eine mittel hohe Übereinstimmung gefunden wurde, welches jedoch nicht, wie vorhergesagt, auch für System B bestand, und daher nicht als systemübergreifend gelten kann.

Für acht Soll-Bedienhandlungen wurde vorhergesagt, dass sie von den mentalen Modellen der Probanden abweichen würden, da das konzeptuelle Modell des Systems A die systemunabhängigen Erwartungen der Benutzer genau traf, das konzeptuelle Modell des Systems B aber von demjenigen des Systems A abwich. Fünf dieser neu vorhergesagten Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell traten wie erwartet ein, zwei bestätigten sich teilweise und eine bestätigte sich nicht. Diejenigen dieser acht Vorhersagen, welche sich auf mentale Modelle mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung bezogen und solche, welche hohe Prozentzahlen an *trial and error* Verhalten vorhersagten, bestätigten sich ganz oder teilweise. Für die Aufgabe „CD starten“ wurde ein abweichendes mentales Modell mit hoher interindividueller Übereinstimmung vorhergesagt. Die Probanden erwarteten, wie vorhergesagt, die CD ohne vorhergehenden Bedienschnitt in die Öffnung des CD-Wechslers einlegen zu können. Aus dieser systemübergreifenden Erwartung lässt sich ein allgemeines Bedienprinzip formulieren (vgl. Kapitel 5). Für sechs dieser Soll-Bedienhandlungen wurde (teilweise) korrekt vorhergesagt, dass die

Probanden Fehlbedienungen mit niedriger interindividueller Übereinstimmung ausführen würden, weil sie kein konkretes mentales Modell bilden würden.

Für elf der 146 Soll-Bedienhandlungen in System B wurde vorhergesagt, dass die Benutzer an diesen Stellen mentale Modelle bilden würden, welche mit dem konzeptuellen Modell übereinstimmen würden, weil das konzeptuelle Modell des Systems B an diesen Stellen, anders als System A, die systemübergreifenden Erwartungen berücksichtigt. Für alle dieser elf Soll-Bedienhandlungen bestätigten sich die systemübergreifenden Aspekte der mentalen Modelle. So konnte z.B. die systemübergreifende Benutzererwartung, Speichervorgänge mit „speichern“ oder „fertig“, bzw. „ok“ abschließen zu können verifiziert werden. Wie vorhergesagt benutzten die Probanden in Studie B den Menüpunkt „ok“, um den Speichervorgang abzuschließen. Unter Beachtung der unterschiedlichen Erwartungen, welche an „OK“ gestellt werden, führt dies zur Formulierung einer allgemeinen Gestaltungsempfehlung (vgl. Kapitel 5). Auch die Bedienhandlung zum Beenden eines Telefongesprächs entsprach in System B wie vorhergesagt den Erwartungen der Probanden. Es wird demnach als allgemeines Gestaltungsprinzip formuliert, dass es möglich sein sollte, durch Bestätigen eines entsprechenden markierten Menüpunktes mit dem ZBE ein Telefongespräch zu beginnen und zu beenden (vgl. Kapitel 5).

Für 14 Soll-Bedienhandlungen des Systems B war vorhergesagt worden, dass die mentalen Modelle, welche Benutzer an diesen Stellen bilden würden, vom implementierten Bedienablauf abweichen würden, aber in anderer Art und Weise als die des Systems A. Von diesen 14 vorhergesagten Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell bestätigten sich sieben vollständig, sechs teilweise und nur eine nicht. Die allgemeine Erwartung, welche für die direkte Titelwahl mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung vorhergesagt wurde, bestätigte sich: die Mehrheit der Probanden benutzte mehrmals die skip-Funktion. Durch diese Abweichung der Erwartung vom konzeptuellen Modell entstehen zwar überflüssige Bedienhandlungen, jedoch wird das Ziel der Aufgabe ebenfalls erreicht. Daher kann diese Abweichung als Alternativpfad betrachtet werden und ist nicht wirklich ein Fehler.

Für die Soll-Bedienhandlung „Obermenü Tel öffnen“, welche in mehreren Aufgaben vorkam, zeigte sich wie vorhergesagt, dass die Mehrzahl der Probanden auf Grund der von ihren Erwartungen abweichenden Menüstruktur des Systems B kein adäquates mentales Modell bilden konnten. Die individuell sehr hoch übereinstimmende Erwartung, dass sowohl SMS-Funktionalität als auch Adressbuch im Telefon-Grundmenü erreichbar sind, hat sich dadurch als systemübergreifend bestätigt und wurde als allgemeine Gestaltungsempfehlung formuliert (vgl. Kapitel 5). In den Ergebnissen der Studie B zeigt sich ebenfalls, dass die Probanden durch mehrmaliges Ausführen dieser Bedienhandlung mit der Zeit ein



mit dem System übereinstimmendes mentales Modell bilden lernen und weniger unnötige Bedienhandlungen ausführen.

Für die Soll-Bedienhandlung „nächstes Feld anwählen“, welche bei mehreren Aufgaben auftrat, war eine interindividuell sehr hoch übereinstimmende Erwartung der Probanden vorhergesagt worden, nach der die Menü-Option „ok“ benützt werden würde. Es zeigte sich zwar, wie erwartet, eine Abweichung des implementierten Bedienablaufes von den Erwartungen, jedoch bildeten die Probanden andere mentale Modelle als die vorhergesagten. Neben der ebenfalls nicht zielführenden Menüoption „ok“ erwarteten die Probanden für diese Bedienhandlung ein systemspezifisches Mapping zwischen der Bewegung des ZBE „nach unten“ und der Bewegung der Einfügemarke. Systemübergreifend kann geschlussfolgert werden, dass die OK-Taste bzw. –Option sich nicht für Menüsituationen eignet, in denen ein Benutzer mehrere Handlungsalternativen hat, sondern dass hier eine eindeutiger Begrifflichkeit gewählt werden sollte. Des Weiteren sollte das Anwählen des nächsten Eingabefeldes eindeutig richtungskodiert erfolgen. Es resultiert aus diesem Ergebnis eine allgemeine Erwartung der Benutzer, welche in Kapitel 5 beschrieben ist.

Im Rahmen der Analyse von Ursachen für Abweichungen zwischen den mentalen Modellen mit sehr hoher interindividueller Übereinstimmung und den Bedienabläufen des Systems wurden auch in Studie B systemspezifische Gestaltungsvorschläge beschrieben. Durch ihre Umsetzung würde sich, wie schon bei System A, der Großteil, der bei diesen Soll-Bedienhandlungen ausgeführten überflüssigen Bedienhandlungen vermeiden lassen.

Insgesamt ließ sich das Bedienverhalten in Studie B gut aus den allgemeinen Erwartungen und dem konzeptuellen Modell des Systems B vorhersagen. Die meisten der vorhergesagten Abweichungen zwischen mentalen und konzeptuellen Modellen traten vollständig, nur wenige teilweise wie vermutet ein. Sehr wenige als abweichend vorhergesagte Soll-Bedienhandlungen stimmten in Wirklichkeit mit den Erwartungen überein und einige Soll-Bedienhandlungen wichen von den Erwartungen ab, obwohl eine Übereinstimmung vorhergesagt gewesen war.

Diejenigen Erwartungen, aus denen korrekt vorhergesagt wurde, ob sie mit dem Bedienablauf des Systems B übereinstimmen oder davon abweichen, können als systemübergreifend gelten, da sie auch für ein System mit anderem Bedienkonzept gelten. Erwartungen, welche als systemübergreifend angenommen wurden, aus welchen jedoch das Bedienverhalten nicht korrekt vorhergesagt werden konnte, können nicht mit dem angenommenen Inhalt als allgemeine Erwartungen gelten. Wenn eine Vorhersage nicht eintritt, so kann dies daran liegen, dass in System A nicht die tatsächliche Ursache für die Abweichung identifiziert wurde. Wenn es bspw. in Studie A erschien, als beziehe sich eine Erwartung auf die Menüstruktur und in System B findet sich die gleiche Struktur, so wird

angenommen, dass diese Struktur in System B in gleicher Weise mit den Erwartungen übereinstimmt oder davon abweicht wie in System A. Findet sich dann bspw. trotz der mit den Erwartungen übereinstimmender Menüstruktur in System B eine Abweichung zwischen mentalem und konzeptuellem Modell, so kommt dafür nicht die Struktur als Ursache in Frage. Beispielsweise könnte sich die Erwartung an dieser Stelle hauptsächlich auf die Menübezeichnung beziehen. So kann für einige der nicht eingetretenen Vorhersagen aus den Ergebnissen der Studie B auf die tatsächliche allgemeine Erwartung geschlossen werden. Die Allgemeingültigkeit dieser nun angenommenen Erwartungen sollte im nächsten Schritt allerdings noch belegt werden.

Diejenigen sehr wenigen Vorhersagen bezüglich Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell, welche in Wirklichkeit nicht vorhanden waren, bezogen sich auf mentale Modelle mit mittel hoher oder niedriger Übereinstimmung, welche bei System A wohl auf Grund spezifischer Eigenschaften des Systems A entstanden waren und welche bei System B nicht gebildet wurden. Stattdessen bildeten die meisten Probanden in Studie B an diesen Stellen mentale Modelle, welche mit dem System übereinstimmten, so dass an diesen Stellen aus den Ergebnissen der Studie B ebenfalls deutlich wird, welches die allgemeine Erwartung ist.

Für diejenigen Erwartungen, welche als nicht systemübergreifend dadurch belegt wurden, dass der Bedienablauf des Systems B von den Erwartungen abwich, obwohl eine Übereinstimmung vorhergesagt war, liegt folgende Begründung nahe: Bei der Bedienung des Systems A traten deshalb keine systematischen Fehlbedienungen auf, weil systemspezifische Merkmale der Bedienoberfläche A ein adäquates mentales Modell sehr stark unterstützten. Dieses mentale Modell kann aber in System B, wiederum auf Grund systemspezifischer Merkmale nicht gebildet werden. Hier kann durch einen erneuten Vergleich der beiden Bedienkonzepte die tatsächliche Erwartung erschlossen werden.

Sowohl aus dem korrekt vorhergesagten Bedienverhalten als auch aus den nicht eingetroffenen Vorhersagen lässt sich demnach auf die systemübergreifenden Erwartungen von Benutzern schließen. So konnten durch Studie B wie beabsichtigt die systemübergreifenden Aspekte der mentalen Modelle verifiziert werden, aus welchen nun allgemeine Gestaltungsprinzipien abgeleitet werden können.

#### 4.4.3 Auswirkungen auf Zufriedenheit und Schwierigkeit

Für diejenigen Aufgaben, deren Bedienabläufe mit den mentalen Modellen der Benutzer übereinstimmen würden, war vermutet worden, dass Benutzer mit ihnen zufriedener sein würden und sie subjektiv als weniger schwierig beurteilen würden als Bedienabläufe, für welche die Benutzer kein adäquates mentales Modell würden bilden können.

Die Ergebnisse der Studie B belegen die positive Auswirkung von Bedienabläufen, welche mit den mentalen Modellen der Benutzer übereinstimmen, auf Zufriedenheit und subjektive Schwierigkeitsbeurteilung. Benutzer sind mit denjenigen Aufgaben, welche sie wie erwartet bedienen können, zufriedener und beurteilen sie als weniger schwierig als Aufgaben, deren Bedienabläufe von ihrem mentalen Modell abweichen.

Wenn aus Benutzersicht an einer Stelle oder mehreren Stellen des Bedienablaufes das Gerät nicht so funktioniert, wie erwartet, so ärgert sich der Benutzer über das Gerät und wird unzufrieden. Diese negativen Emotionen schlagen sich in seinem Urteil über die Menüführung der Aufgabe nieder. Wenn ein zuerst gebildetes mentales Modell eines Benutzers nicht auf das System passt, so muss er unter Umständen viel überlegen und/ oder viel herumprobieren. Das System erscheint ihm kompliziert und damit die Bedienung als schwierig.

## **5 Allgemeine Benutzererwartungen als domänen-spezifische Gestaltungsempfehlungen**

Kernbestandteil dieser Arbeit ist es, interindividuell übereinstimmende, systemunabhängige mentale Modelle von Benutzern über Bedienabläufe darzustellen, welche als Grundlage für die Gestaltung von Bedienabläufen eines FIS allgemein dienen können. In diesem Kapitel werden nun diese allgemeinen Erwartungen beschrieben, welche zuvor verifiziert wurden und welche in einer anschließenden Studie C evaluiert werden. Die allgemeinen Benutzererwartungen werden in Form von Status-Übergangs-Diagrammen beschrieben. Jedes Diagramm stellt den von den Benutzern im Allgemeinen erwarteten Bedienablauf für eine ganze Bedienaufgabe oder einen Teil einer Aufgabe dar. Da die prinzipielle Empfehlung dieser Arbeit lautet, den zu implementierenden Bedienablauf an die allgemein erwarteten Bedienabläufe anzupassen, wird mit Hilfe dieser Darstellungsform gleichzeitig der empfohlene Bedienablauf als konzeptuelles Modell der jeweiligen Aufgabe abgebildet. Gestaltet man den Bedienablauf für die jeweilige Aufgabe in Übereinstimmung mit diesen aus den mentalen Modellen abgeleiteten konzeptuellen Modellen, so können systematische Bedienfehler vermieden werden, welche bei einer Abweichung des tatsächlichen vom erwarteten Bedienablauf auftreten würden.

Gestaltungsempfehlungen für alle in den Studien dieser Arbeit verwendeten Aufgaben darzustellen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. So werden im Folgenden Benutzererwartungen hauptsächlich für diejenigen Bedienaufgaben beschrieben, für welche sich in den Studien A und/ oder B deutlicher Optimierungsbedarf durch interindividuell hoch übereinstimmende Abweichungen von den in Systemen A und/ oder B implementierten Bedienabläufen ergeben hat. Die meisten dieser allgemeinen Benutzererwartungen werden für die Gestaltung der Bedienabläufe in Studie C herangezogen. Für viele der in dieser Arbeit verwendeten Aufgaben stimmten die Bedienabläufe der Systeme A und B entweder mit den Erwartungen der Benutzer überein oder es ergaben sich lediglich systemspezifische Optimierungsvorschläge. Diese werden hier nicht explizit in Gestaltungsempfehlungen dargestellt, da eine solche Darstellung lediglich einer Beschreibung der ohnehin schon bekannten Bedienabläufe gleich käme oder keine Bedeutung für FIS allgemein hätte. Stattdessen soll der Schwerpunkt auf Neuerungen (im Vergleich zu Systemen A und B) liegen. Einige dieser Neuerungen bestehen darin, den schon bekannten Bedienablauf durch zusätzliche Bedienhandlungen zu ergänzen, diese sind Unterkapitel 5.1 beschrieben. Andere Neuerungen bestehen darin, Soll-Bedienhandlungen des bekannten Bedienablaufes zu ersetzen, diese sind in Unterkapitel 5.2 beschrieben. Insgesamt werden in diesem Kapitel Empfehlungen für die folgenden Bedienabläufe beschrie-

ben: „Radiosender abspeichern“ (RSenSp), „SMS-Nachricht lesen“ (SMSlesen), „Adressbucheintrag löschen“ (EintrLösch), Öffnen der Adressbuch- und SMS-Funktionalität (Bestandteil mehrerer Aufgaben), Abspeichern von Daten (Bestandteil mehrerer Aufgaben), Wechsel zum nächsten Eingabefeld in Formularen (Bestandteil mehrerer Aufgaben), „Nummer wählen und anrufen“ (TelAnr), „CD einlegen und abspielen“ (CDstar). Die übrigen in den Studien eingesetzten Aufgaben (vgl. Anhang, Tabelle 7-2) werden nicht beschrieben.

## 5.1 Hinzufügen von Bedienhandlungen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen

Für die folgenden Bedienabläufe bestehen die Gestaltungsempfehlungen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen in Ergänzungen der aus den Systemen A und/oder B bekannten Bedienabläufe durch zusätzliche Bedienhandlungen: RSenSp, SMSlesen, EintrLösch. Die dünnen Pfeile in den Abbildungen sind Teil der bereits bekannten Bedienabläufe. Die dick gedruckten Pfeile repräsentieren zusätzlich von den Benutzern erwartete Soll-Bedienhandlungen und damit die eigentlichen Gestaltungsempfehlungen.

Abbildung 5-1 zeigt die generellen Erwartungen von Benutzern eines FIS an die Aufgabe „Radiosender speichern“. Die obere Alternative des Bedienpfades zeigt den in vielen FIS verwendeten, einem kleineren Benutzerkreis bekannten, Pfad über das lange Drücken einer Taste. Dieser Pfad repräsentiert ein mentales Modell mit mittel hoher interindividueller Übereinstimmung und wird daher in der Empfehlung beibehalten.

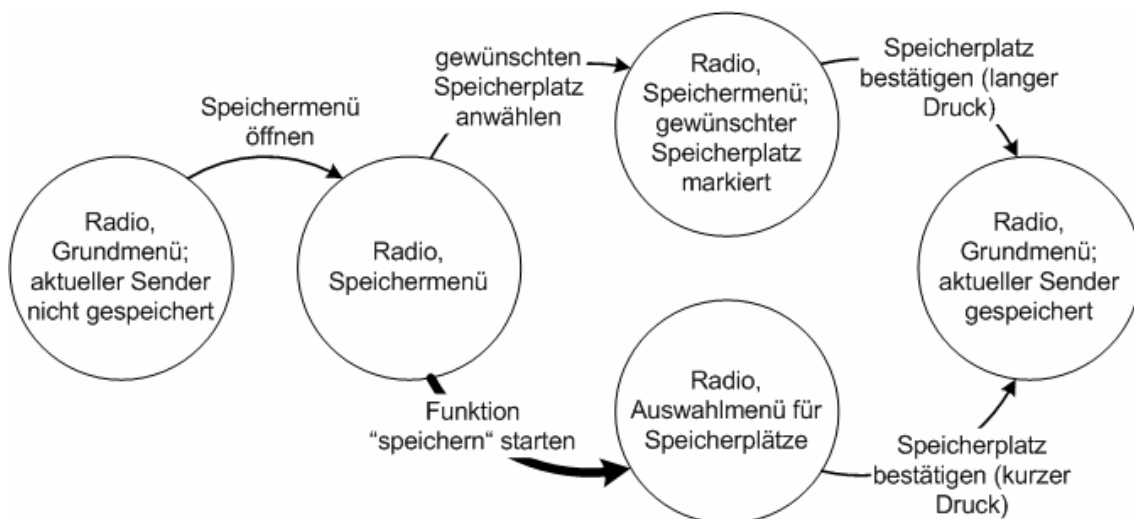


Abbildung 5-1: Allgemeine Benutzererwartung für das Abspeichern eines Radiosenders in einem FIS

Zusätzlich empfiehlt es sich, einen Bedienpfad zu implementieren, bei dem ein Benutzer aus dem Speichermenü heraus lediglich über kurze Bestätigungen von Menüpunkten an

sein Ziel gelangen kann. In der unteren Alternative des dargestellten Bedienablaufes ist es möglich, aus dem Speichermenü heraus den Speichervorgang für den aktuellen Sender zu starten. Durch Bestätigen eines entsprechenden Menüpunktes (dicker Pfeil) gelangt die Person zu einer nächsten Menüansicht, in welcher dann die gewünschte Speicherposition ausgewählt werden kann. Der neu eingeführte Menüpunkt enthält die zuvor fehlende, von einer Mehrheit der Benutzer erwartete, Menübezeichnung „speichern“ und gleicht dadurch den implementierten Bedienpfad an die Benutzererwartungen an bei gleichzeitiger Beibehaltung des einigen Probanden schon bekannten Bedienpfades über langen Tastendruck. Ein Beispiel für eine konkrete Umsetzung dieser Gestaltungsempfehlung erfolgt in Studie C.

Abbildung 5-2 stellt die allgemeine Erwartung von Benutzern eines FIS beim Öffnen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht dar. Zusätzlich zu dem Pfad, welcher zum Öffnen jeglicher im Posteingang befindlicher Nachrichten benutzt werden kann, erwarten Benutzer für neu eingegangene Nachrichten spezielle Abkürzungen im Bedienpfad, um direkt zum Text der neuen Nachricht zu gelangen (dicke Pfeile). Sie erwarten, in einem beliebigen Bildschirm eines anderen Funktionsbereiches und im Telefon-Grundmenü ein Symbol vorzufinden, welches ihnen den Eingang einer neuen Nachricht anzeigt und welches ausgewählt werden kann, um dadurch sogleich den Text der neuen Nachricht angezeigt zu bekommen. Diese Abkürzungen werden in Mobiltelefonen und anderen *hand-held* Geräten bereits verwendet. Ein Beispiel für die konkrete Umsetzung der empfohlenen Abkürzungen wird in Studie C evaluiert.

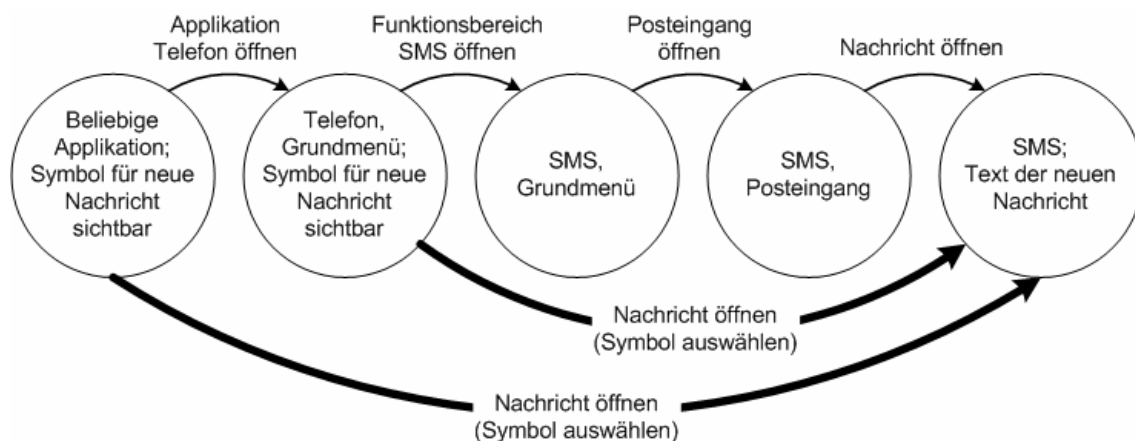


Abbildung 5-2: Allgemeine Benutzererwartung für das Öffnen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht in einem FIS

Abbildung 5-3 zeigt die systemübergreifenden Erwartungen von Benutzern eines FIS bei der Aufgabe, einen Eintrag aus dem Adressbuch zu löschen. Die Erwartungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Die Funktion „löschen“ wird immer dann als im Menü verfügbar erwartet, wenn der zu löschende Eintrag auf dem Bildschirm sichtbar ist. Das bedeu-

tet, dass wenn der Funktionsbereich Adressbuch des Systems über ein Grundmenü verfügt, in dem Einträge (einzelne oder mehrere) angezeigt werden, auch an einer Stelle dieses Grundmenüs die Funktion löschen auswählbar sein muss, sobald einer der angezeigten Einträge markiert ist. Das gleiche gilt für eine in den meisten Adressbüchern vorhandene Namensliste, in welcher nach Einträgen gesucht werden kann. Auch wenn der zu löschende Eintrag bereits geöffnet ist, sollte die Funktion „löschen“ zur Verfügung stehen. Dies ermöglicht es einem Benutzer, an welcher Stelle auch immer er sich entscheidet, einen bestimmten Eintrag zu löschen, dieses Ziel möglichst direkt umzusetzen.

Diese Regel lässt sich erweitern auf jegliche Mengen an gespeicherten Elementen (z.B. gespeicherte Navigationsziele, SMS-Nachrichten), mit welchen verschiedene Vorgänge/ Funktionen durchgeführt werden können. Alle diese verschiedenen Vorgänge/ Funktionen sollten als Optionen sowohl in der Übersichtsansicht, also auch in der jeweiligen Einzel- bzw. Detailansicht verfügbar sein. Es ergeben sich zwei, bei Vorhandensein eines Grundmenüs sogar drei Stellen innerhalb des Bedienpfades, zu denen die Option „löschen“ verfügbar sein sollte: Grundmenü, Übersichtsliste, Einzelansicht. Diese drei Punkte sind in Abbildung 5-3 als dick gezeichnete Pfeile hervorgehoben. Eine konkrete Umsetzung dieser Gestaltungsempfehlung erfolgt in Studie C.

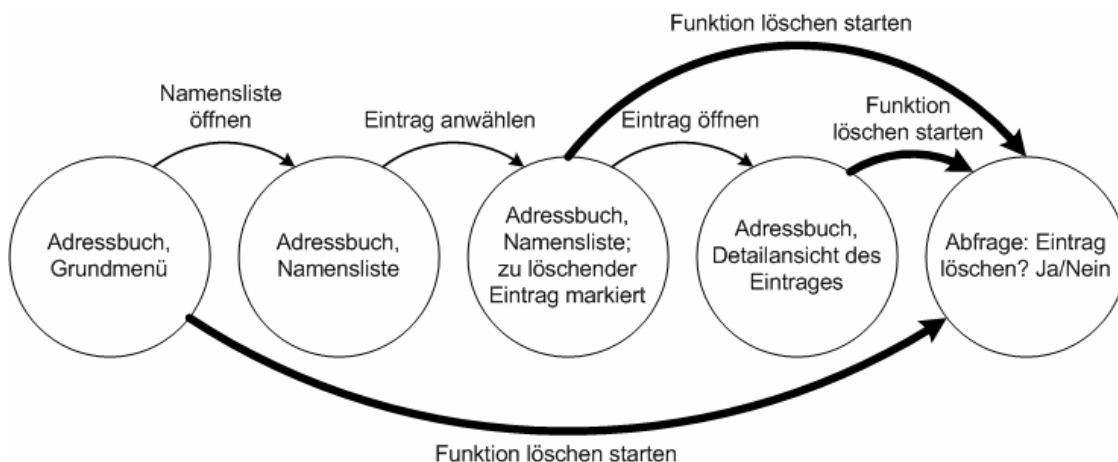


Abbildung 5-3: Allgemeine Benutzererwartung für das Löschen eines Adressbucheintrags aus einem FIS

Ebenfalls Teil der allgemeinen Erwartung an einen Löschvorgang ist der in der Abbildung als letztes dargestellte Systemzustand, welcher aus anderen menügesteuerten Geräten bekannt ist und in einer Sicherheits-Abfrage besteht, ob der gewählte Eintrag auch tatsächlich gelöscht werden soll. Diese Abfrage entsprach in den Systemen A und B genau den Erwartungen der Benutzer und ist hier der Vollständigkeit halber erwähnt. Durch bestätigen von „ja“ wird der Eintrag gelöscht.

## 5.2 Verändern von Bedienhandlungen entsprechend den allgemeinen Benutzererwartungen

Für die folgenden Aufgaben oder Teile von Aufgaben bestehen die Gestaltungsempfehlungen darin, Soll-Bedienhandlungen gegenüber den in Systemen A und/ oder B implementierten Bedienabläufen zu verändern: Öffnen der Adressbuch- und SMS-Funktionalität, Abspeichern von Daten, Wechsel zum nächsten Eingabefeld in Formularen, TelAnr, CDstar. Die dünnen Pfeile in den Abbildungen beschreiben die bereits bekannten Teile des jeweiligen Bedienablaufes. Die in den Abbildungen dick dargestellten Pfeile repräsentieren die Veränderungen gegenüber den Bedienabläufen in System A bzw. B und damit die eigentlichen Gestaltungsempfehlungen.

Die folgende Abbildung 5-4 spiegelt die allgemeinen Erwartungen von Benutzern an das Öffnen der Funktionsbereiche SMS und Adressbuch wider.

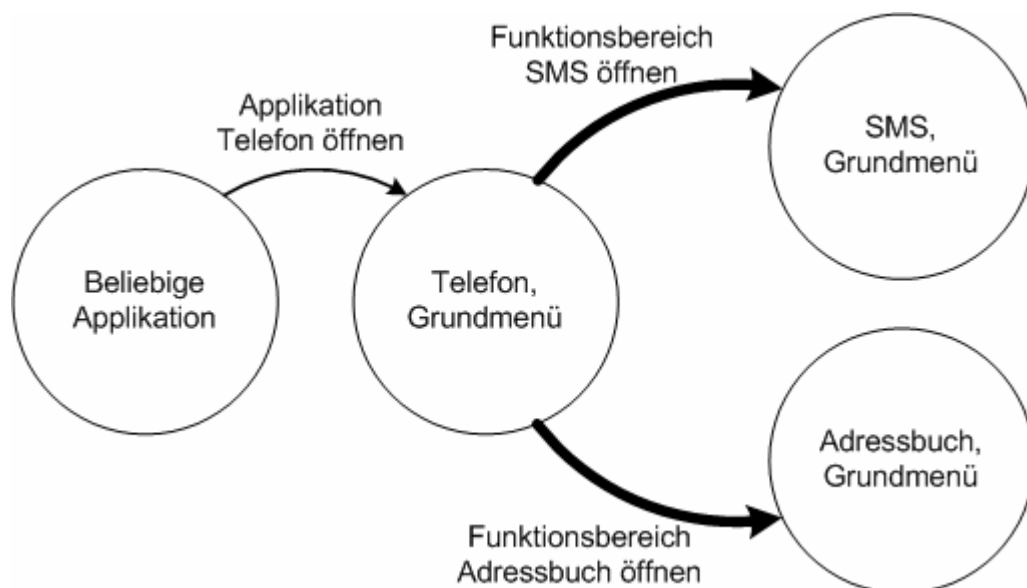


Abbildung 5-4: Allgemeine Benutzererwartung für das Öffnen der Funktionsbereiche Adressbuch und SMS in einem FIS

Da Benutzer diese beiden Funktionsbereiche als Unterfunktionen des Telefons einordnen, erwarten sie, zunächst die Applikation Telefon öffnen zu müssen und vom Telefon-Grundmenü aus einen der beiden Funktionsbereiche öffnen zu können. Diese beiden interindividuell sehr hoch übereinstimmenden Erwartungen wurden eindeutig in Studien A und B gefunden und werden in Studie C für die Gestaltung der Menüstruktur des Funktionsbereichs Telefon umgesetzt.

Beim Speichern von Daten in einem FIS erwarten Benutzer, nachdem die Daten eingegeben sind, den Speichervorgang über einen Menüpunkt „speichern“ abschließen zu können. Eine weitere Möglichkeit für die Bezeichnung dieses abschließenden Menüpunktes



ist „fertig“. „OK“ dagegen sollte nicht verwendet werden, da es mehrdeutig ist, schon früher im Bedienablauf als Abschluss der jeweiligen Bedienhandlung verstanden werden kann und somit zu Fehlbedienungen führt. Abbildung 5-5 zeigt die Erwartungen von Benutzern an einen Speichervorgang. Diese Empfehlung wurde in den Studien A und B aus den Ergebnissen zu mehreren Speicheraufgaben abgeleitet (Adressbucheintrag anlegen und speichern, Navigationsziel unter neuem Namen speichern, Absendernummer einer eingegangenen SMS-Nachricht speichern, Telefonnummer aus Anrufliste speichern) und kann daher als verallgemeinerbar auf das Abspeichern von zuvor in Formularform ausgefüllten Daten gelten. Diese allgemeine Benutzererwartung wurde in Studie B verifiziert und für die Gestaltung der Bedienabläufe in Studie C umgesetzt.

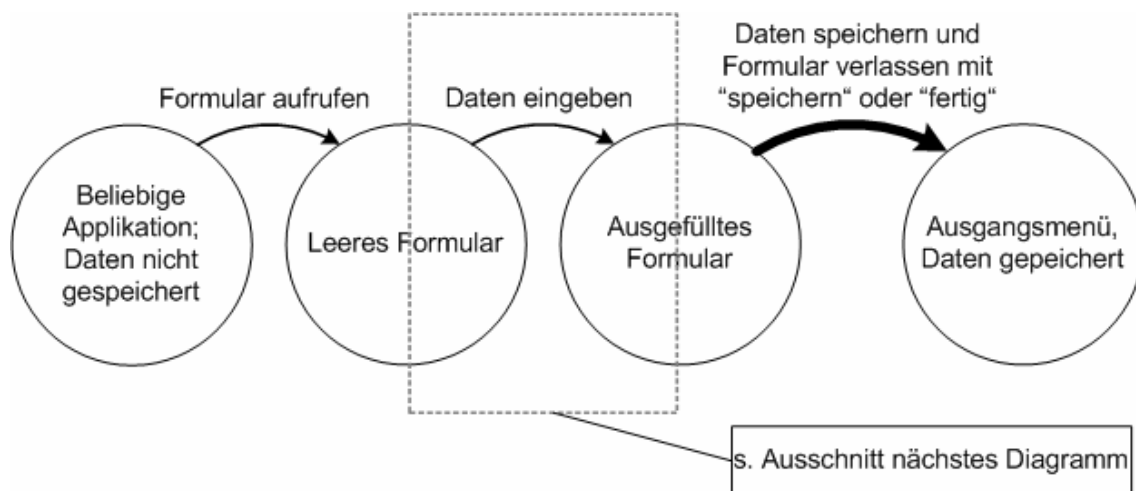


Abbildung 5-5: Allgemeine Benutzererwartung für das Ausfüllen eines Formulars in einem FIS

Für den Teilprozess des Eingebens von Daten in ein formularähnliches Menü, welcher z.B. in einem Speichervorgang enthalten sein kann, ist es nötig, von einem Eingabefeld zum nächsten zu wechseln. Die Erwartungen von Benutzern eines FIS an diesen Teilvorgang sind in Abbildung 5-6 dargestellt. Um zum nächsten Eingabefeld zu wechseln, erwarteten Benutzer in den Studien A und B, einen Menüpunkt „ok“ bestätigen zu können oder, sofern möglich, mit einem Bedienelement die Einfügemarke direkt „nach unten“ versetzen zu können.

Aus diesen letzten beiden generellen Erwartungen wird der schon erwähnte Widerspruch in Bezug auf die Erwartung an die Funktion einer Option „OK“ deutlich. Je nach Situation erwarten Benutzer entweder, mit dieser Option zum nächsten Eingabefeld wechseln zu können oder den Vorgang abschließen und die eingegebenen Daten speichern zu können. Daraus lässt sich schließen, dass statt des mehrdeutigen Begriffes „OK“ besser ein eindeutiger wie „speichern“ oder „fertig“ zum Beenden des Speichervorgangs verwendet werden sollte. Der Wechsel zum nächsten Eingabefeld sollte dagegen (im Falle der Ver-

fügbarekeit eines ZBE) über ein Verschieben der Eingabemarke im Menü durch eine richtungskodierte Betätigung des ZBE erfolgen. Eine konkrete Umsetzung dieser Empfehlung erfolgt in Studie C.

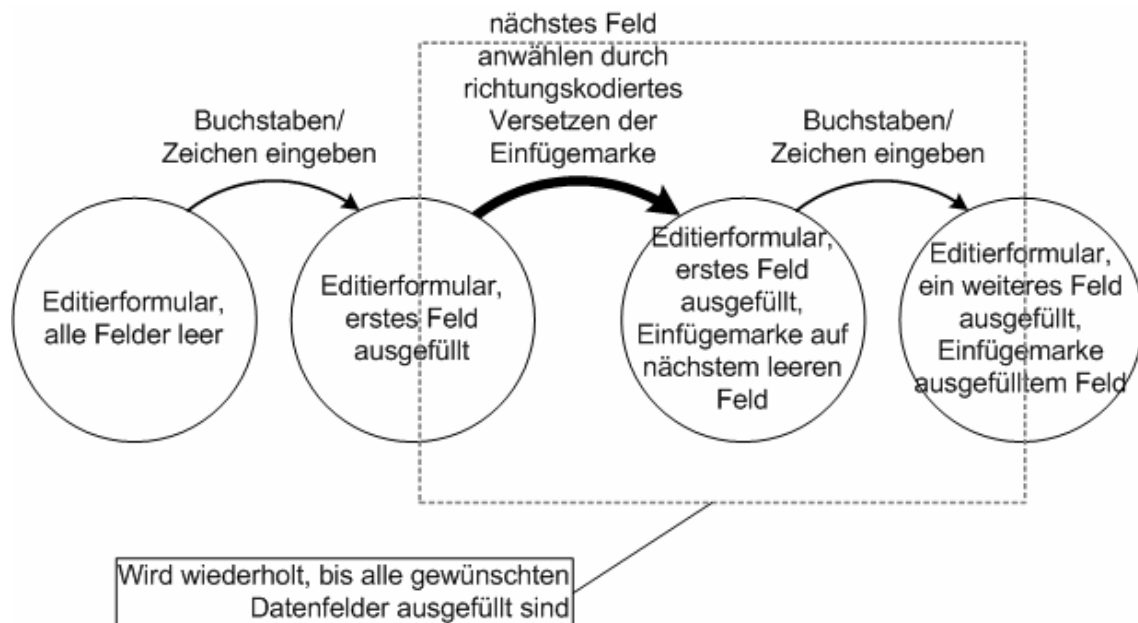


Abbildung 5-6: Allgemeine Benutzererwartung für den Teil „Daten eingeben“ beim Ausfüllen eines Formulars in einem FIS

Für das Telefonieren über ein FIS wird von Benutzern erwartet, das Telefongespräch mit der Bestätigungstaste beenden zu können, wenn es auch damit begonnen wurde. Um dies zu verwirklichen empfiehlt es sich, nach Beginn des Gespräches automatisch eine entsprechende Menüoption für „beenden“ auf dem Bildschirm zu markieren, sodass diese dann lediglich bestätigt werden muss. Abbildung 5-7 zeigt diese Erwartung.

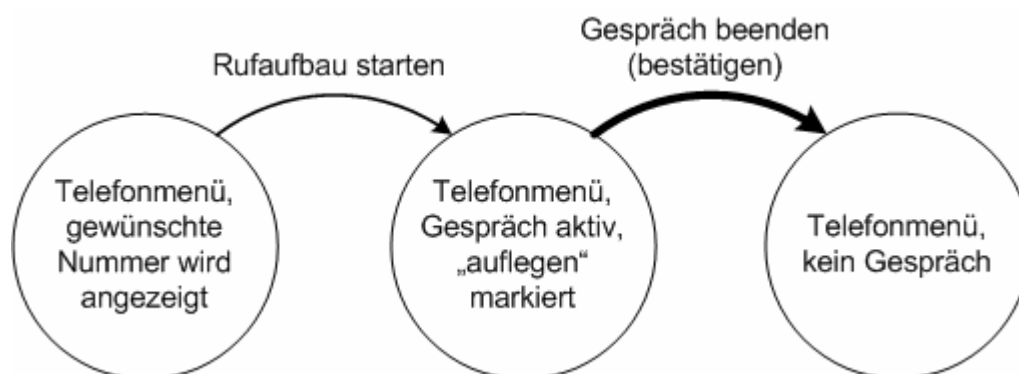


Abbildung 5-7: Allgemeine Benutzererwartung für das Führen eines Telefongespräches an einem FIS

Diese Erwartung ergab sich aus den Ergebnissen der Studie A und wurde in Studie B eindeutig als systemübergreifend verifiziert, so dass eine zusätzliche Evaluation in Studie C nicht erfolgt.

Zum Abspielen einer CD in einem FIS erwarten die Probanden, die CD ohne vorherigen Bedienschnitt in das Gerät einlegen zu können. Diese Erwartung ist in Abbildung 5-8 gezeigt. Auch diese Erwartung ergab sich eindeutig aus den Ergebnissen der Studien A und B und wird in Studie C nicht evaluiert.

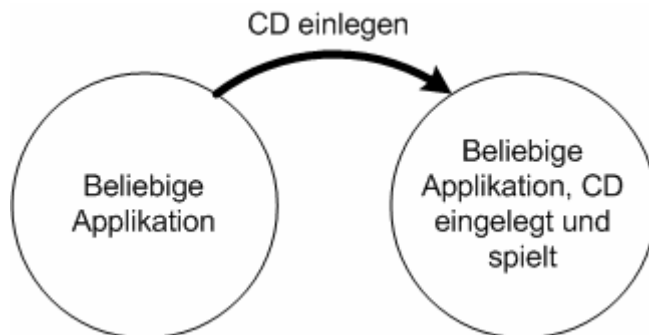


Abbildung 5-8: Allgemeine Benutzererwartung an das Abspielen einer CD in einem FIS

Die meisten der hier formulierten Gestaltungsprinzipien werden in der im folgenden Kapitel beschriebenen Studie in Bedienabläufe eines FIS-Prototypen umgesetzt und anhand von Usability-Kriterien evaluiert.

## 6 Studie C: Evaluation der Gestaltungsempfehlungen

Studie C hatte zum Ziel, die in Kapitel 5 beschriebenen allgemeinen Gestaltungsvorschläge umzusetzen und anhand objektiver und subjektiver Kriterien zu evaluieren. So sollte gezeigt werden, dass Bedienabläufe, welche den mentalen Modellen der Benutzer angepasst sind, besser zu bedienen sind und zu einer besseren Bewertung von Seiten der Benutzer führen. Des Weiteren sollten die Vorteile dieser angepassten Bedienabläufe über die Zeit und unter zusätzlicher kognitiver Belastung dargestellt werden. Hier werden Methodik und Design der Studie C, sowie die Ergebnisse und Diskussion vorgestellt.

### 6.1 Methodik Studie C

In Studie C wurde ein Prototyp eines FIS auf einem Rechner simuliert, in welchem ein Teil der Funktionalität eines Gesamtsystems verfügbar war. Für vier verschiedene Aufgaben wurden in zwei unterschiedlichen Versionen der Simulation Bedienabläufe einmal abweichend von und einmal übereinstimmend mit den Benutzererwartungen gestaltet. Verwendet wurden diejenigen Aufgaben, für welche sich aus den Studien A und B allgemeine Gestaltungsempfehlungen ergeben hatten. So wurde überprüft, ob die Gestaltung der Bedienabläufe eines Systems entsprechend den allgemeinen (individuell übereinstimmenden, systemunabhängigen) Benutzererwartungen tatsächlich zu einer Verbesserung der Bedienleistung und der subjektiven Bewertung des Systems führt. Dieses Unterkapitel beschreibt Untersuchungsteilnehmer, Versuchsumgebung und Durchführung der Studie C.

#### 6.1.1 Untersuchungsteilnehmer Studie C

Auch die Probanden der Studie C wurden per E-Mail kontaktiert und vor Einladung zur Untersuchung dem gleichen *screening* wie bei Studien A und B unterzogen (vgl. Abschnitte 3.1.1 und 4.1.1): Personen, welche Erfahrung hatten mit der Entwicklung von Bedienoberflächen, welche jünger als 30 waren oder die Systeme A und/ oder B „schon sehr häufig“ bedient hatten, wurden nicht zur Untersuchung eingeladen. Es nahmen also 44 Mitarbeiter desselben Automobilherstellers zwischen 31 und 60 Jahren (Altersdurchschnitt = 41,5;  $s=7,4$ ) an der Studie teil. 95,5% der Probanden waren männlich, 91% Rechtshänder und alle Probanden übten technische Berufe aus. Bis auf einen britischen Probanden und einen Teilnehmer ohne Angabe zur Nationalität waren alle Teilnehmer Deutsche. Keiner der Probanden hatte den verwendeten Prototypen je bedient, die Probanden verfügten jedoch über Vorerfahrungen mit den Systemen A und B und mit anderen FIS.

Laut ihrer Angaben im Vorerfahrungs-Fragebogen (vgl. Abschnitt 3.1.3.2) hatten die Probanden die in dieser Arbeit verwendeten Aufgaben im Vorfeld im Mittel 53,3 Mal ( $s=60,6$ ) pro Jahr ausgeführt und die dort erfassten technischen Geräte 89,5 Mal ( $s=60,6$ ) pro Jahr benutzt. Auch die Probanden der Studie C nahmen während ihrer Arbeitszeit an der Untersuchung teil und erhielten keine Belohnung.

### 6.1.2 Versuchsumgebung Studie C

Dieser Abschnitt beschreibt die Versuchsanordnung der Studie C sowie das Bedienkonzept des Systems C.

#### 6.1.2.1 Versuchsanordnung Studie C

Die Versuchsanordnung in Studie C war der schon in den beiden vorangegangenen Studien verwendeten sehr ähnlich (vgl. Abbildung 6-1). Anders als in den Studien A und B saß der Versuchsleiter nicht auf dem Beifahrersitz, sondern rechts neben dem Versuchsaufbau an einem Tisch. Verwendet wurden wieder zwei Kameras, ein Mikrofon, ein Testrechner zur Aufzeichnung der Logfiles und ein Rechner, auf welchem die Simulation lief.

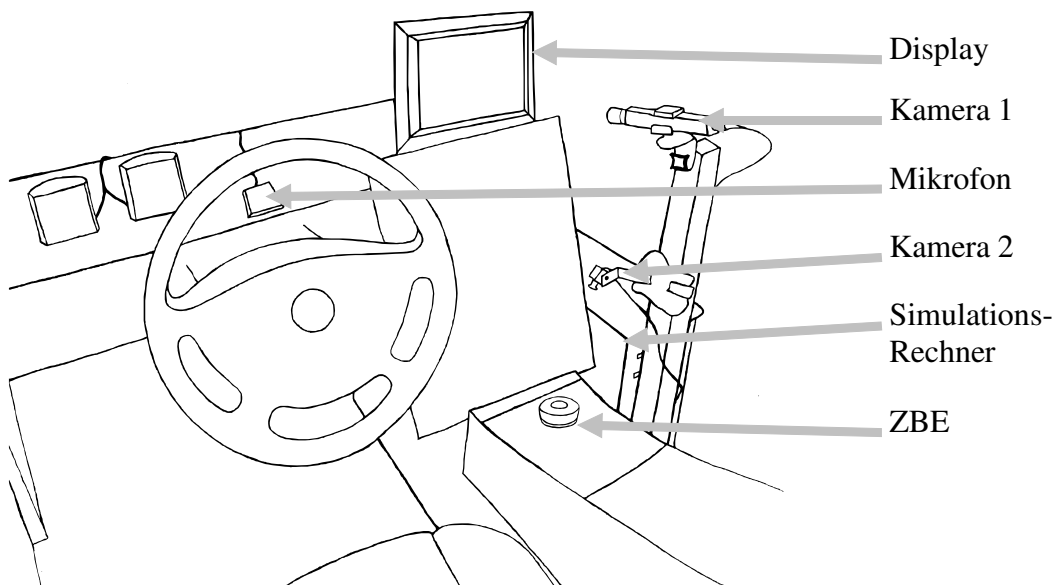


Abbildung 6-1: Versuchsanordnung Studie C aus Probanden-Perspektive

#### 6.1.2.2 Das abgesetzte, reduzierte Bedienkonzept des Systems C

Das Bedienkonzept des Prototypen (System C) unterschied sich von denen der Systeme A und B. Es war reduziert auf ein abgesetztes, zentrales Bedienelement und ein Display. Das Display befand sich auf Höhe des Armaturenbretts rechts von Fahrer (vgl. Abbildung 6-1). Das zentrale Bedienelement befand sich in der Mittelarmlehne und verfügte über die

gleichen Freiheitsgrade bei der Steuerung wie das ZBE aus Studie B (vgl. Abschnitt 4.1.2.1). Die Menüsteuerung erfolgte ausschließlich über das zentrale Bedienelement. Im Unterschied zu System B waren die Bewegungsrichtungen jedoch anderen Cursorbewegungen zugeordnet, so dass ein anderes Mapping und damit ein anderes Bedienkonzept entstand als in System B. Weitere Bedienelemente standen nicht zur Verfügung.

Das Menü des Systems C war unterteilt in eine Applikationszeile und mehrere weitere, meist zwei oder drei nebeneinander und/ oder untereinander angeordnete Menüfelder. Die Aktivierung von Applikationen erfolgte über die Menüpunkte der Applikationszeile. Durch Schieben des Bedienelementes nach oben, unten, links oder rechts wurde zu einem anderen Menüfeld gewechselt. Durch Drehen des Bedienelementes wurde der Cursor innerhalb des angewählten Menüfeldes bewegt. In jedem Menüfeld waren Funktionen der aktiven Applikation bedienbar. Funktionen und andere Menüpunkte wurden bestätigt/aktiviert durch Herunterdrücken des ZBE.

### 6.1.3 Durchführung Studie C

Eine Sitzung dauerte insgesamt jeweils 1,5 Stunden. Für jeden Probanden erfolgten zur Vorbereitung in der Studie C eine kurze Demonstration des Bedienprinzips und eine vom Versuchsleiter geführte Bearbeitung von vier Beispiel-Aufgaben, welche in beiden Versionen der Simulation gleich implementiert waren und welche später nicht wieder bearbeitet wurden.

Alle Probanden absolvierten die gleichen Aufgaben in der gleichen Reihenfolge. Die Aufgabenbearbeitung umfasste 24 Durchgänge in sechs Blöcken à vier Aufgaben. Der Inhalt der einzelnen Aufgaben (z.B. zu speichernde Adresse, Name des zu löschenden Eintrags) war für jede Darbietung einer Aufgabe verschieden, umfasste jedoch bei jedem Aufgabentyp die gleiche Anzahl einzugebender Zeichen und dafür notwendiger Bedien-Operationen. Für die Aufgabenbearbeitung waren die Probanden aufgefordert, jede Aufgabe konzentriert, aber so zügig wie möglich und ohne Umwege zu lösen (ohne Lautes Denken). Nach spätestens fünf Minuten wurde eine Aufgabe abgebrochen und galt dann als nicht gelöst. Löste ein Proband eine Aufgabe vor Ablauf des Zeitlimits nicht oder falsch, so erhielt er den einmaligen Hinweis, dass die Aufgabe noch nicht bzw. nur teilweise abgeschlossen sei. Bei wiederholtem Bestätigen von nicht funktionsfähigen Menüpunkten wurde darauf hingewiesen, dass diese Funktion in der Simulation noch nicht umgesetzt sei. Konkrete Hilfestellungen für die nächste auszuführende Bedienhandlung wurden in Studie C nicht gegeben. Aufgezeichnet wurden Video- und Tonaufnahmen und ein Logfile aller Tastendrücke. Aus dem Logfile wurden später die objektiven Bedienleistungs-Parameter ermittelt (s. Abschnitt 6.2.4).

Des Weiteren wurden mit den gleichen Skalen wie in Studie B zu jeder Aufgabe in jedem Durchgang die Zufriedenheit und die subjektive Einschätzung der Schwierigkeit erhoben (vgl. Abschnitt 4.1.3.2). Vorerfahrungsdaten jedes Probanden wurden für die in dieser Arbeit verwendeten Aufgaben in dem gleichen abschließenden Fragebogen wie in Studien A und B erhoben (vgl. Abschnitt 3.1.3.2).

## 6.2 Design und Hypothesen Studie C

Um einerseits zu zeigen, dass Bedienabläufe, welche den mentalen Modellen der Benutzer angepasst sind, effektiver zu bedienen sind und zu einer besseren Bewertung von Seiten der Benutzer führen und um andererseits darzustellen, welchen Vorteil diese Bedienabläufe über die Zeit und unter zusätzlicher kognitiver Belastung haben, wurde ein experimentelles Design mit dem *between*-Faktor *Optimierung* und den *within*-Faktoren *Wiederholung* und *Zusatzbelastung* verwendet. Der *between*-Faktor *Optimierung* war zweistufig mit den Stufen *Basisversion* und *optimierte Version*. Der *within*-Faktor *Wiederholung* war dreistufig (dreimalige Darbietung jeder Aufgabe) und der *within*-Faktor *Zusatzbelastung* war zweistufig (*mit* und *ohne* zusätzliche kognitive Belastung). Jede der vier Aufgaben wurde von jedem Probanden sechsmal ausgeführt, zuerst dreimal ohne, danach dreimal mit kognitiver Zusatzbelastung.

### 6.2.1 *Between*-Faktor *Optimierung* von Bedienabläufen

Die Probanden wurden, nach Alter, Geschlecht, Vorerfahrung mit den Systemen A und B und allgemeiner Bediengeschwindigkeit parallelisiert, zufällig zwei verschiedenen Gruppen zugewiesen. Es wurden zwei Versionen des Prototypen (System C) mit unterschiedlichen Bedienabläufen erstellt, welche jeweils von einer der Gruppen bedient wurden.

Die Bedienabläufe beider Versionen orientierten sich an den Bedienabläufen der Systeme A bzw. B. Für einige Stellen waren in den Studien A und B eindeutige Abweichungen zwischen mentalen und konzeptuellen Modellen identifiziert und verifiziert worden und die klaren allgemeinen Gestaltungsempfehlungen konnten direkt im Bedienkonzept des Systems C umgesetzt werden. Diese Stellen wurden in beiden Versionen des Systems C entsprechend den Erwartungen gestaltet, sodass die Bedienabläufe beider Versionen des Systems C schon besser den Erwartungen entsprachen als diejenigen der Systeme A bzw. B. Für andere Stellen wurden zur Umsetzung der allgemeinen Gestaltungsempfehlungen neuartige Abläufe entwickelt. An diesen Stellen unterschieden sich die Bedienabläufe der Basis- und der optimierten Version.

In der Basisversion wurden diese Stellen analog der Bedienabläufe der Systeme A bzw. B implementiert und wichen demnach in gleicher Form von den Benutzererwartungen ab, wie die entsprechenden Bedienabläufe der Systeme A bzw. B. In der optimierten Version dagegen wurden diese Stellen auf Basis der Gestaltungsempfehlungen aus Kapitel 5 optimiert. Es wurden dazu konkrete, neuartige Bedienabläufe, angepasst an das Bedienkonzept des Systems C, entwickelt. Diese neuen Bedienabläufe der optimierten Version entsprachen den Erwartungen der Benutzer besser als die Bedienabläufe der Basisversion. Folgende Aufgaben wurden umgesetzt: „Radiosender speichern“, „SMS-Nachricht lesen“, „Adressbucheintrag anlegen“ und „Adressbucheintrag löschen“.

#### *6.2.1.1 Parallelisierung der Experimentalgruppen nach Vorerfahrung und Bediengeschwindigkeit*

In beiden Gruppen waren die Anteile an Probanden mit Vorerfahrung an System A, an System B, an beiden Systemen oder an keinem der Systeme gleich groß. Zur Erhebung der allgemeinen Bediengeschwindigkeit absolvierte jeder Proband eine Aufgabe am Computer, bei welcher er mit Hilfe der Cursortasten auf der Tastatur eine Zielfigur auf dem Bildschirm anwählte und bestätigte. Der Mittelwert der Zeiten, welche zur Auswahl der Zielfigur benötigt wurden, wurde über eine einminütige Darbietung mehrerer aufeinander folgender Durchgänge gebildet und diente als Maß für die allgemeine Bedienfertigkeit und wurde bei der Gruppenzuteilung berücksichtigt.

Die Mitglieder der beiden Gruppen hatten demnach sowohl in gleichem Ausmaß Vorerfahrungen mit der Bedienung der Systeme A und B, als auch die gleichen Voraussetzungen bezüglich ihrer allgemeinen Bedienfertigkeit. Gruppe 1 bediente die Basisversion und Gruppe 2 bediente die optimierte Version des Prototypen.

#### *6.2.1.2 Bedienabläufe (konzeptuelles Modell) des Systems C*

Für die Aufgabe „Radiosender speichern“ wurde in der optimierten Version ein Bedienpfad implementiert, auf welchem ein Sender ohne langen Tastendruck direkt aus dem Speichermenü gespeichert werden kann. Im Speichermenü selbst erscheint dabei ein neuer, in bisherigen Systemen nicht verwendeter Menüpunkt, welcher den Namen des aktuellen Senders und das Wort „speichern“ enthält (vgl. gestrichelte Linie in Abbildung 6-2).

Durch Bestätigen dieses Menüpunktes mit einem kurzen Druck auf das ZBE öffnet sich eine Liste, in welcher dann mit der nächsten Bedienhandlung der gewünschte Speicherplatz ausgewählt werden kann. Dieser Menüpunkt verwirklicht die systemübergreifende Erwartung der Benutzer, aus dem Speichermenü mit einem kurzen Druck einen Radiosender speichern zu können (vgl. dicker Pfeil und Beschreibung zu Abbildung 5-1).



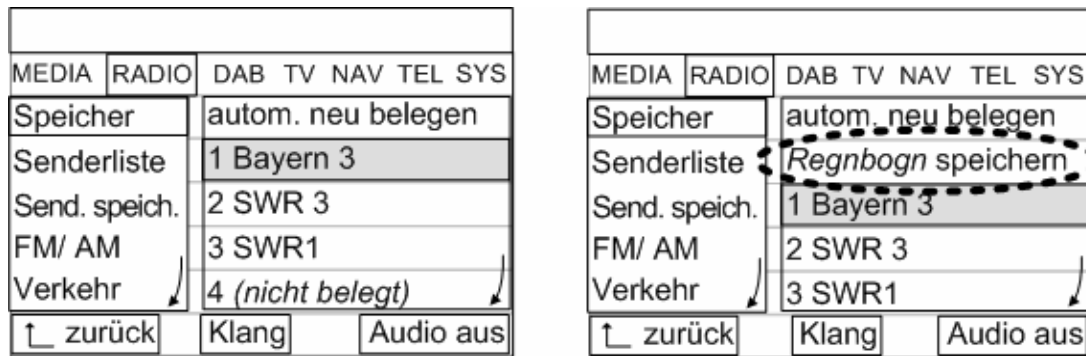


Abbildung 6-2: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) des Einstellungs-/ Speichermenüs zum Speichern eines Radiosenders in System C

Für die Aufgabe „SMS-Nachricht lesen“ wurde in der optimierten Version im Telefon-Grundmenü ein zusätzlicher Menüpunkt eingeführt, durch dessen Bestätigen eine neu eingegangene SMS-Nachricht direkt mit einem Tastendruck geöffnet werden kann (s. gestrichelte Linie in Abbildung 6-3).

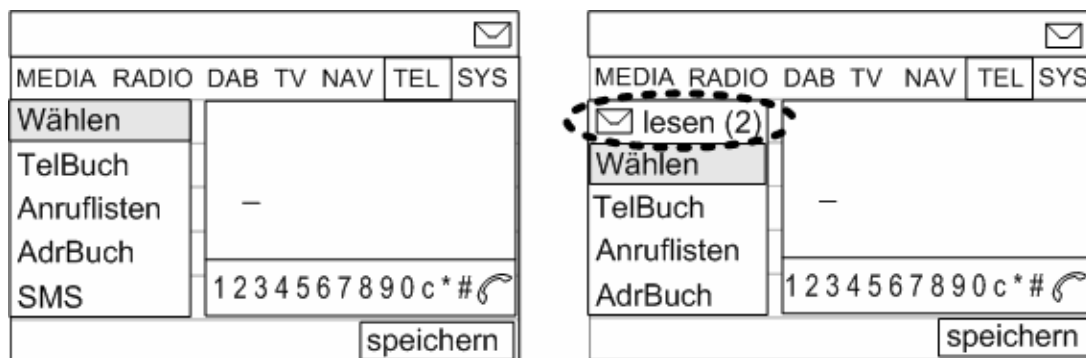


Abbildung 6-3: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) des Telefon-Grundmenüs zum Öffnen einer neu eingegangenen SMS in System C

Dieser Menüpunkt verwirklicht die systemübergreifende Erwartung der Benutzer, im Falle einer neu eingegangenen Nachricht diese direkt mit einer Bedienhandlung öffnen zu können (vgl. dicker Pfeil und Beschreibung zu Abbildung 5-2). In beiden Versionen war die Applikation SMS über das Telefon-Grundmenü erreichbar. Dadurch wurde der erste Teil des Bedienablaufes für diese Aufgabe in beiden Versionen an die Benutzererwartungen angeglichen (vgl. Abbildung 5-4).

Für die Aufgabe „Adressbucheintrag anlegen“ wurde in der optimierten Version der Wechsel zum nächsten Eingabefeld erleichtert. In dieser Version sind die Bezeichnungen für die Datenfelder und die tatsächlich auszufüllenden Stellen in getrennten Menüfeldern nebeneinander (anstatt in einem gemeinsamen Menüfeld) angeordnet (s. Abbildung 6-4).

So erfolgt hier der Wechsel zum nächsten auszufüllenden Feld über eine Kombination aus horizontalem Schieben und vertikalem Scrollen anstatt, wie in der Basisversion und in System B, über vertikales Schieben und Scrollen bzw. das Bestätigen eines Pfeilsymbols.

Dies verwirklicht die systemübergreifende Erwartung der Benutzer, durch Schieben des Bedienelementes in Richtung des gewünschten nächsten Datenfeldes dieses auch tatsächlich anwählen zu können. Zudem wurde die Bezeichnung des Menüpunktes zum Abschließen der Speicherhandlung von „ok“ auf „speichern“ geändert. Damit wird eine mehrdeutige Bezeichnung vermieden, welche die Interpretation „ok, zum nächsten Feld“ zuließe und somit die Erwartung schürte, dieses „ok“ führte zum nächsten Datenfeld (wie in System B aufgetreten). Durch diese Bedienabläufe der optimierten Version wurden die systemübergreifenden Erwartungen an das Ausfüllen von Formularen erfüllt (vgl. Beschreibung zu Abbildung 5-5 und Abbildung 5-6)

MEDIA RADIO DAB TV NAV TEL SYS	
Nachname:	Nolt_
Vorname:	
Tel. fest:	
Tel. mobil:	
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz_	ok
↑ zurück	ABC ... ↵ ↩ ↪ c

MEDIA RADIO DAB TV NAV TEL SYS	
Nachname	Nolt_
Vorname	
Tel. fest	
Tel. mobil	abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
Straße	stuvwxyz äöüß _ c
↑ zurück	ABC ... ↵ ↩ ↪ speichern

Abbildung 6-4: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) des Adressbuch-Editor-Menüs zum Anlegen eines neuen Eintrags in System C

Für die Aufgabe „Adressbucheintrag löschen“ wurde in der optimierten Version die Funktion „löschen“ nicht nur in der Übersichtsliste aller Einträge, sondern zusätzlich auch in der Detailansicht eines geöffneten Eintrags verfügbar gemacht (s. gestrichelte Linie in Abbildung 6-5).

MEDIA RADIO DAB TV NAV TEL SYS	
↑ zurück	Hofbauer, Christian
Ändern	☎ 03044062039
Neueintrag	☎ 01723344556
Anrufen	Mornewegstraße 24
SMS schr.	13445 Berlin

MEDIA RADIO DAB TV NAV TEL SYS	
↑ zurück	Hofbauer, Christian
Ändern	☎ 03044062039
<u>Löschen</u>	☎ 01723344556
Neueintrag	Mornewegstraße 24
Anrufen	13445 Berlin

Abbildung 6-5: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) der Detail-Ansicht eines Adressbucheintrages zum Löschen desselben in System C

Damit wurde die systemübergreifende Erwartung der Benutzer verwirklicht, einen Eintrag sowohl aus der Übersichtsliste, als auch aus dem bereits geöffneten Zustand der Detailansicht heraus löschen zu können (vgl. dicker Pfeil und Beschreibung zu Abbildung 5-3).

### 6.2.2 Within-Faktor Wiederholung

Der Faktor *Wiederholung* war dreistufig. Durch die vollständige Kombination mit dem Faktor *kognitive Zusatzbelastung* resultierten insgesamt sechs Wiederholungen jeder Aufgabe, dreimal mit und dreimal ohne kognitive Zusatzaufgabe.

### 6.2.3 Within-Faktor kognitive Zusatzbelastung

In den ersten drei der sechs Aufgabenblöcke erfolgte die Bearbeitung der Aufgaben ohne Zusatzaufgabe. Während der letzten drei Aufgaben-Blöcke hatten die Probanden folgende kognitive Zusatzaufgabe zu lösen: Sie sollten bei den Aufgaben „SMS-Nachricht lesen“, „Adressbucheintrag anlegen“ und „Eintrag löschen“ in Dreierschritten vorwärts zählen. Um Interferenzen zwischen Bedienaufgabe und Zusatzaufgabe zu vermeiden, wurde für das Abspeichern eines Radiosenders auf einem Speicherplatz mit vorgegebener Nummer folgende Zusatzaufgabe ohne Zahlen verwendet: Aufsagen der Monatsnamen in umgekehrter Reihenfolge.

Die Reihenfolge der Aufgaben in den Blöcken 1 bis 3 (ohne Zusatzaufgabe) war unterschiedlich, jedoch die gleiche wie in den Blöcken 4 bis 6 (mit Zusatzaufgabe). Eine detaillierte Auflistung der Aufgaben und Zusatzaufgaben findet sich im Anhang (Tabelle 7-4).

### 6.2.4 Erhobene Maße (abhängige Variablen) Studie C

Es folgt eine zusammenfassende Übersicht aller abhängigen Maße in Studie C. Aus den Logfiles wurden folgende objektive Parameter für die Bedienleistung ermittelt:

- Bedienerfolg: Häufigkeit für richtig, für falsch, für nicht gelöste und für nicht bearbeitete Aufgaben
- Anzahl der Hilfestellungen (Hinweise) vom Versuchsleiter
- Bediengeschwindigkeit: Bearbeitungszeit in Sekunden
- Bedieneffektivität: Anzahl der pro Soll-Bedienhandlung ausgeführten Ist-Bedienhandlungen (Ist/ Soll). Je kleiner die Anzahl Ist/ Soll, desto größer die Effektivität

Mittels Fragebogen wurden folgende subjektive Maße erhoben (vgl. Abschnitte 4.1.3.3 und 4.2.2, sowie Abbildung 7-2 im Anhang):

- Zufriedenheit mit der Menüführung
- Subjektive Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit

### 6.2.5 Hypothesen für Studie C

Bezüglich der bereits beschriebenen Faktoren bestanden in dieser Untersuchung folgende Hypothesen (vgl. auch Unterkapitel 2.4).

#### 6.2.5.1 Auswirkungen der Optimierung von Bedienabläufen

Es wird erwartet, dass die Optimierung der Bedienabläufe zu einem Vorteil der optimierten Version gegenüber der Basisversion führt.

Hypothese C1a: Es zeigt sich ein Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Anzahl richtig gelöster Aufgaben: Bei Bedienung der optimierten Version werden Aufgaben häufiger richtig gelöst als bei der Basisversion.

Hypothese C1b: Es zeigt sich ein Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Anzahl benötigter Hilfen: In der optimierten Version benötigen die Probanden weniger Hilfen vom Versuchsleiter als in der Basisversion.

Hypothese C1c: Es zeigt sich ein Haupteffekt für den *between*-Faktor *Optimierung* in Bezug auf die objektiven und subjektiven abhängigen Maße: Probanden, welche die optimierte Version bedienen, haben eine niedrigere Bearbeitungszeit, eine höhere Bedieneffektivität, eine höhere Zufriedenheit und beurteilen die Aufgaben subjektiv als weniger schwierig als Probanden, welche die Basisversion bedienen.

#### 6.2.5.2 Lerneffekt über die Zeit

Es wird erwartet, dass die wiederholte Bearbeitung der Aufgaben zu einem Lerneffekt führt.

Hypothese C2: Es zeigt sich ein Haupteffekt für den *within*-Faktor *Wiederholung*: Je häufiger eine Aufgabe bearbeitet wird, desto kürzer ist die Bearbeitungszeit, desto höher die Bedieneffektivität, desto höher die Zufriedenheit und desto niedriger die subjektiv eingeschätzte Schwierigkeit.

#### 6.2.5.3 Auswirkung der kognitiven Zusatzbelastung

Es wird erwartet, dass die kognitive Zusatzbelastung zu einer Beeinträchtigung der Bedienleistung und der subjektiven Bewertung führt.

Hypothese C3: Es zeigt sich ein Haupteffekt für den *within*-Faktor *Zusatzbelastung*: Mit kognitiver Zusatzbelastung steigt die Bearbeitungszeit, sinkt die Bedieneffizienz, sinkt die Zufriedenheit und steigt die subjektiv beurteilte Schwierigkeit der Aufgaben.

#### 6.2.5.4 Wechselwirkung der Optimierung von Bedienabläufen mit dem Lerneffekt

Es wird erwartet, dass die wiederholte Darbietung der Aufgaben in der optimierten Version zu einem größeren Lerneffekt führt.

Hypothese C4: Es zeigt sich eine Interaktion der Faktoren *Optimierung* X *Wiederholung*: Die optimierte Version wird schneller gelernt, d.h. mit zunehmender Wiederholungszahl nimmt die Bearbeitungszeit stärker ab, steigen Bedieneffizienz und Zufriedenheit stärker an und nimmt die subjektive Schwierigkeit deutlicher ab als in der Basisversion.

#### 6.2.5.5 Wechselwirkung der Optimierung der Bedienabläufen mit der kognitiven Zusatzbelastung

Es wird erwartet, dass sich die kognitive Zusatzbelastung bei den optimierten Bedienabläufen weniger negativ auswirkt als in der Basisversion.

Hypothese C5: Es zeigt sich eine Interaktion der Faktoren *Optimierung* X *Zusatzbelastung*: In der optimierten Version steigt durch die zusätzliche kognitive Belastung die Bearbeitungszeit weniger stark an, nehmen Bedieneffizienz und Zufriedenheit weniger stark ab und steigt die eingeschätzte Schwierigkeit weniger stark an als in der Basisversion.

#### 6.2.5.6 Wechselwirkung zwischen Lerneffekt und kognitiver Zusatzbelastung

Es wird erwartet, dass unter kognitiver Zusatzbelastung das Lernen langsamer abläuft als ohne kognitive Zusatzbelastung.

Hypothese C6: Es zeigt sich eine Interaktion der Faktoren *Wiederholung* X *Zusatzbelastung*: Ohne kognitive Zusatzbelastung steigen Bediengeschwindigkeit, Bedieneffektivität und Zufriedenheit schneller an und nimmt die subjektive Schwierigkeitseinschätzung schneller ab als ohne kognitive Zusatzbelastung.

### 6.3 Ergebnisse Studie C

Es erfolgt die Schilderung der Ergebnisse zunächst für Bedienleistung und System-Beurteilung, danach eine Detailbetrachtung für die verschiedenen Aufgabentypen.

### 6.3.1 Ergebnisse zu Bedienleistung und System-Beurteilung

Um die Hypothesen für die Studie C bezüglich Bedienleistung und System-Beurteilung zu überprüfen, wurden ein t-Test und vier dreifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholungen auf zwei Faktoren gerechnet.

Aus der Gruppe mit der Basisversion (BV) wurden zwei Probanden aus den Varianzanalysen ausgeschlossen, da sie verärgert die Untersuchung vorzeitig abbrachen mit der Begründung, dass es ihnen jetzt zu schwierig werde. In der Gruppe mit der optimierten Version (OV) bearbeiteten alle Probanden alle Aufgaben bis zum Schluss. Demnach gilt  $N_{BV}=20$  und  $N_{OV}=22$ , wenn nicht anders vermerkt. Für die Varianzanalysen wurden jeweils alle Aufgaben eines Blocks zusammengefasst. Im Falle einer Verletzung der Sphäritäts-/Zirkulationsannahme sind hier für die Messwiederholungsfaktoren die entsprechend korrigierten Freiheitsgrade und Signifikanzen angegeben (vgl. Geisser & Greenhouse, 1958; zitiert nach Bortz, 1993). Eine Tabelle mit allen Mittelwerten für Bedienzeit, Bediengüte, Zufriedenheit und Schwierigkeitsbeurteilung findet sich im Anschluss an die Ergebnisse der Varianzanalysen vor der Zusammenfassung (Tabelle 6-1).

#### 6.3.1.1 Bedienerfolg

Die Probanden, welche die optimierte Version der Simulation bedienten, lösten im Mittel 23,1 ( $s=2,24$ ) Aufgaben richtig und damit zwei Aufgaben mehr, als die Probanden der Basis-Gruppe ( $m=21,2$ ;  $s=4,48$ ). Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nur auf dem 10%-Niveau signifikant ( $t=-1,75$ ;  $df=42$ ;  $p=0,088$ ). Abbildung 6-6 zeigt die mittlere Anzahl der richtig, der falsch, der nicht gelöst und der nicht bearbeiteten Aufgaben für die beiden Experimentalgruppen. Hypothese C1a, nach welcher erwartet wurde, dass die Probanden, welche die Basisversion bedienten, Aufgaben seltener richtig lösen, wird von den Daten der Tendenz nach gestützt.

Probanden, welche die optimierte Version bedienten, benötigten im Mittel 1,55 ( $s_{OV}=1,01$ ) und damit signifikant weniger Hilfen vom Versuchsleiter als Probanden, welche die Basisversion bedienten ( $m_{BV}=2,5$ ;  $s_{BV}=1,6$ ;  $F=5,616$ ;  $p=0,022$ ). Diese Daten stützen die Hypothese C1b. Abbildung 6-7 zeigt die pro Aufgabenblock über die Probanden gemittelte Anzahl der vom Versuchsleiter gegebenen Hilfen für die sechs Aufgabenblöcke. Zu Beginn erfolgten die meisten Hilfen. Probanden der Basisgruppe benötigten fast doppelt so viele Hilfestellungen wie die Probanden, welche die optimierte Version bedienten.

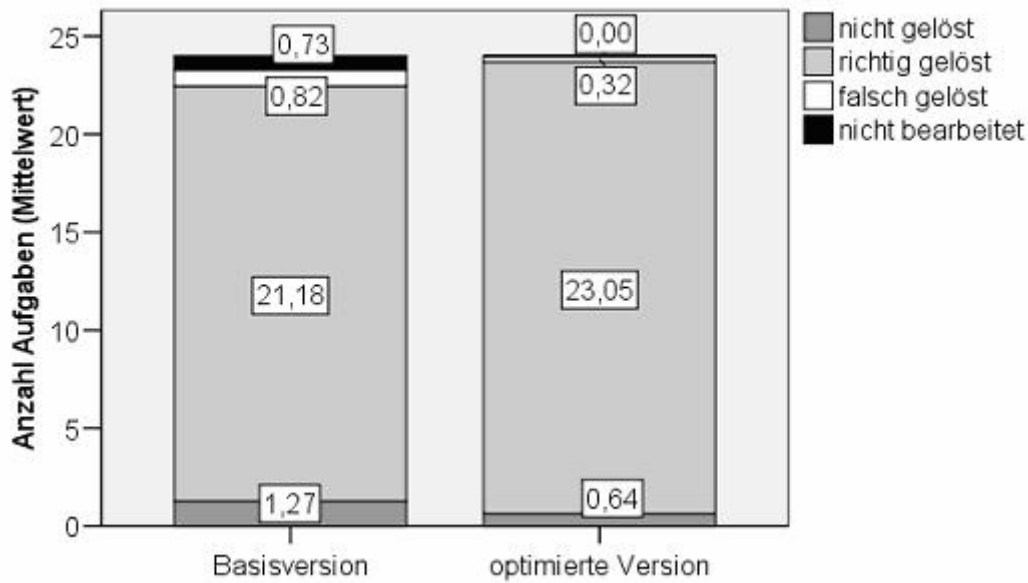


Abbildung 6-6: Bedienerfolg der Probanden für die Basis- und die optimierte Version in Studie C ( $N_{BV}=22$ ;  $N_{OV}=22$ )

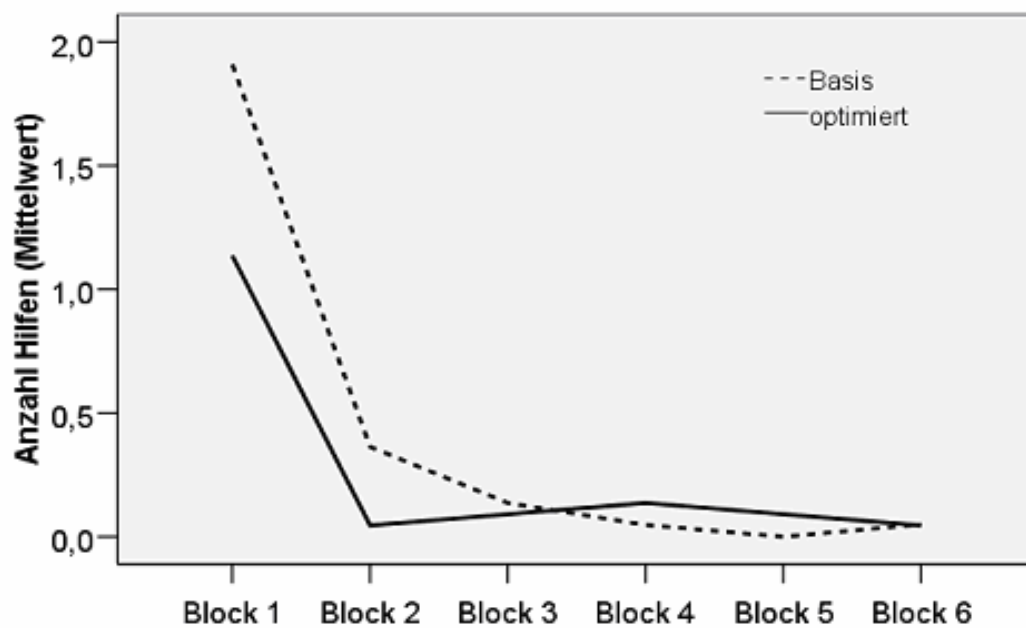


Abbildung 6-7: Hilfen des Versuchsleiters, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C

### 6.3.1.2 Bedienzeit

Abbildung 6-8 zeigt die Bedienzeiten für die Probanden beider Gruppen, pro Block jeweils summiert für alle vier Aufgaben. Für die Bearbeitungszeit zeigten sich die erwarteten sig-

nifikanten Haupteffekte für die Faktoren *Optimierung* ( $F=8,85$ ;  $df=1$ ;  $p=0,005$ ) und *Wiederholung* ( $F=169,18$ ;  $df=1,47$ ;  $p=0,000$ ).

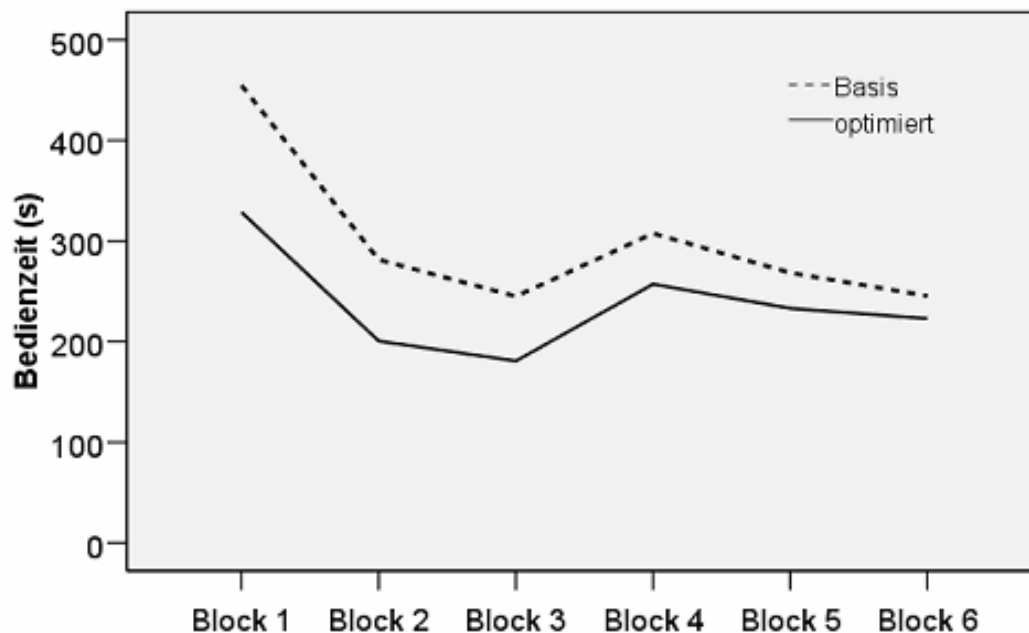


Abbildung 6-8: Bedienzeiten, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C

Probanden, welche die optimierte Version bedienten, benötigten weniger Zeit, um die vier Aufgaben zu bearbeiten, als Probanden, welche die Basisversion bedienten (vgl. Hypothese C1c). Mit zunehmender Übung der Aufgaben benötigten die Probanden weniger Zeit für die Bedienung (vgl. Hypothese C2). Für den Faktor *Zusatzbelastung* zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt, ( $F=5,76$ ;  $df=1$ ;  $p=0,021$ ) jedoch entgegen der formulierten Hypothese C3 dergestalt, dass mit zusätzlicher kognitiver Belastung eine schnellere Bearbeitung der Aufgaben erfolgte als ohne.

Die Interaktion der Faktoren *Optimierung* X *Wiederholung* war signifikant ( $F=6,13$ ;  $df=1,47$ ;  $p=0,008$ ), jedoch ebenfalls entgegen der erwarteten Richtung. Die Probanden mit der optimierten Version zeigten einen weniger starken Lerneffekt als die Probanden mit der Basisversion (vgl. Hypothese C4). Gleiches gilt für die Interaktion der Faktoren *Optimierung* X *Zusatzbelastung* ( $F=6,24$ ;  $df=1$ ;  $p=0,017$ ). Die Probanden, welche die Basisversion bedienten, waren entgegen der Erwartung mit kognitiver Zusatzbelastung schneller als ohne, während die Probanden der optimierten Version mit zusätzlicher Belastung nicht schneller oder langsamer waren als ohne (vgl. Hypothese C5).

Die Interaktion der Faktoren *Wiederholung* X *Zusatzbelastung* war in der erwarteten Weise signifikant ( $F=43,45$ ;  $df=1,59$ ;  $p=0,000$ ). Unter kognitiver Zusatzbelastung nimmt die Bedienzeit langsamer ab als ohne kognitive Zusatzbelastung (vgl. Hypothese C6).



Die minimale Bedienzeit für alle vier Aufgaben eines Probanden mit mittlerer allgemeiner Bedienfertigkeit und nahezu optimalem Bedienpfad (Ist-/ Soll = 1,07) liegt bei 172 s.

### 6.3.1.3 Bediengüte/ -effektivität

Abbildung 6-9 zeigt die gemittelte Anzahl der pro Soll-Bedienhandlung tatsächlich ausgeführten Bedienhandlungen für die Probanden beider Gruppen. Dazu wurde pro Proband für jeden Aufgabenblock die Anzahl der ausgeführten Bedienhandlungen durch die Anzahl der Soll-Bedienhandlungen dieses Blockes geteilt.

Der erwartete Haupteffekt für den Faktor *Optimierung* war für die Bedieneffektivität nur nach Ausschluss eines Probanden mit Extremwerten aus der optimierten Version signifikant ( $F=3,03$ ;  $df=1$ ;  $p=0,09$ ; nach Ausschluss des Probanden:  $N_{BV}=20$ ;  $N_{OV}=21$ ;  $F=5,22$ ;  $df=1$ ;  $p=0,028$ ). Dieser Proband löste durchgängig eine Aufgabe nicht. Probanden, welche die optimierte Version bedienten, führten demnach pro Soll-Bedienhandlung weniger überflüssige Bedienhandlungen aus als Probanden der Gruppe, welche die Basisversion bedienten (vgl. Hypothese C1c). Für den Faktor *Wiederholung* zeigte sich wie erwartet ein signifikanter Haupteffekt ( $F=71,96$ ;  $df=1,68$ ;  $p=0,000$ ), d.h. die Probanden lernten mit zunehmender Wiederholung, für die Aufgaben weniger überflüssige Bedienhandlungen auszuführen (vgl. Hypothese C2).

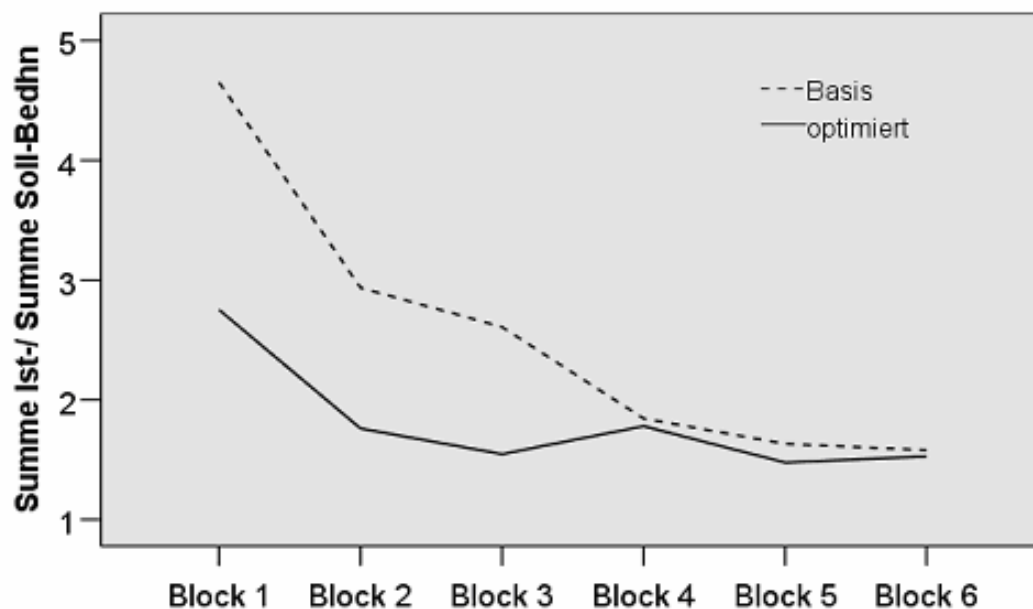


Abbildung 6-9: Bedieneffektivität, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C

Für die *kognitive Zusatzbelastung* ergab sich entgegen der Erwartung ein signifikanter Haupteffekt ( $F=27,51$ ;  $df=1$ ;  $p=0,000$ ), dergestalt, dass die Probanden unter zusätzlicher

kognitiver Belastung weniger überflüssige Bedienhandlungen ausführten als ohne zusätzliche Belastung (vgl. Hypothese C3). Die Interaktionen der Faktoren *Optimierung* X *Wiederholung* bzw. *Optimierung* X *Zusatzbelastung* waren beide signifikant, jedoch entgegen der vorhergesagten Richtung ( $F=3,59$ ;  $df=1,68$ ;  $p=0,032$ ; bzw.  $F=4,91$ ;  $df=1$ ;  $p=0,033$ ). Die Effektivität derjenigen Probanden, welche die Basisversion bedienten, stieg mit zunehmender Wiederholung schneller an als die Effektivität der Probanden, welche die optimierte Version bedienten (vgl. Hypothese C4). Unter zusätzlicher kognitiver Belastung steigerte sich die Effektivität der Probanden in der Basisgruppe stärker als die Effektivität der Probanden, welche die optimierte Version bedienten (vgl. Hypothese C5).

Die Interaktion *Wiederholung* X *Zusatzbelastung* war entsprechend der Erwartung signifikant ( $F=33,50$ ;  $df=1,67$ ;  $p=0,000$ ). Mit kognitiver Zusatzbelastung nahm die Anzahl überflüssiger Bedienhandlungen über die drei Darbietungen langsamer ab als ohne kognitive Zusatzbelastung (vgl. Hypothese C6).

#### 6.3.1.4 Zufriedenheit

Abbildung 6-10 zeigt den Verlauf der Zufriedenheit der Probanden mit der Menüführung für die Basis- und die optimierte Version. Die Zufriedenheitsurteile wurden pro Block für alle vier Aufgaben dieses Blocks gemittelt.

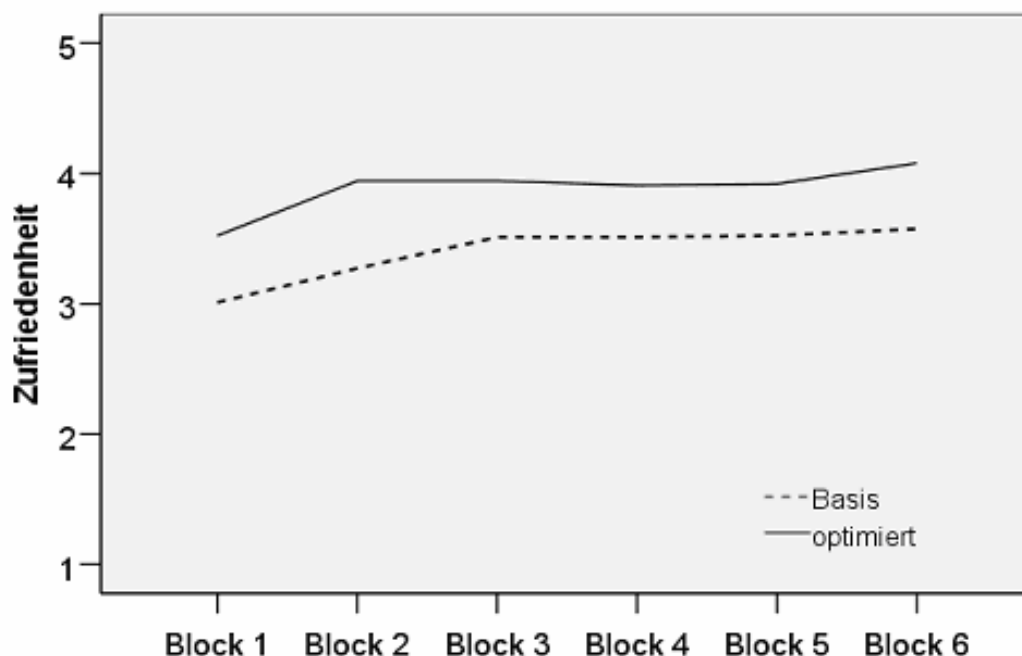


Abbildung 6-10: Zufriedenheit mit der Menüführung, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C

Für die Zufriedenheit zeigten sich, wie eingangs vermutet, signifikante Haupteffekte für die beiden Faktoren *Optimierung* ( $F=8,96$ ;  $df=1$ ;  $p=0,005$ ), und *Wiederholung* ( $F=27,37$ ;  $df=1,67$ ;  $p=0,000$ ). Demnach waren die Probanden, welche die optimierte Version bedienten, mit der Menüführung zufriedener als die Probanden, welche die Basisversion bedienten (vgl. Hypothese C1c). Die Zufriedenheit der Probanden nahm mit zunehmender Übung der Aufgaben zu (vgl. Hypothese C2).

Für den Faktor *Zusatzbelastung* ergab sich ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt, jedoch entgegen der angenommenen Richtung. ( $F=11,39$ ;  $df=1$ ;  $p=0,002$ ). Mit zusätzlicher kognitiver Belastung waren die Probanden zufriedener als ohne (vgl. Hypothese C3).

Weder die Interaktion von *Optimierung* X *Wiederholung*, noch diejenige von *Optimierung* X *Zusatzbelastung* war signifikant. Jedoch zeigte sich eine signifikante Interaktion der Faktoren *Wiederholung* X *Zusatzbelastung* in der erwarteten Weise ( $F=11,89$ ;  $df=1,76$ ;  $p=0,000$ ): Mit kognitiver Zusatzbelastung nahm die Zufriedenheit der Probanden nicht so schnell zu wie ohne (vgl. Hypothese C6).

#### 6.3.1.5 Schwierigkeitsbeurteilung

Abbildung 6-11 zeigt den Verlauf der subjektiven Schwierigkeitsurteile, welche die Probanden nach der Bearbeitung jeder Aufgabe abgaben, für beide Gruppen. Die Schwierigkeits-einschätzungen wurden für jeden Aufgaben-Block über alle vier Aufgaben dieses Blockes gemittelt.

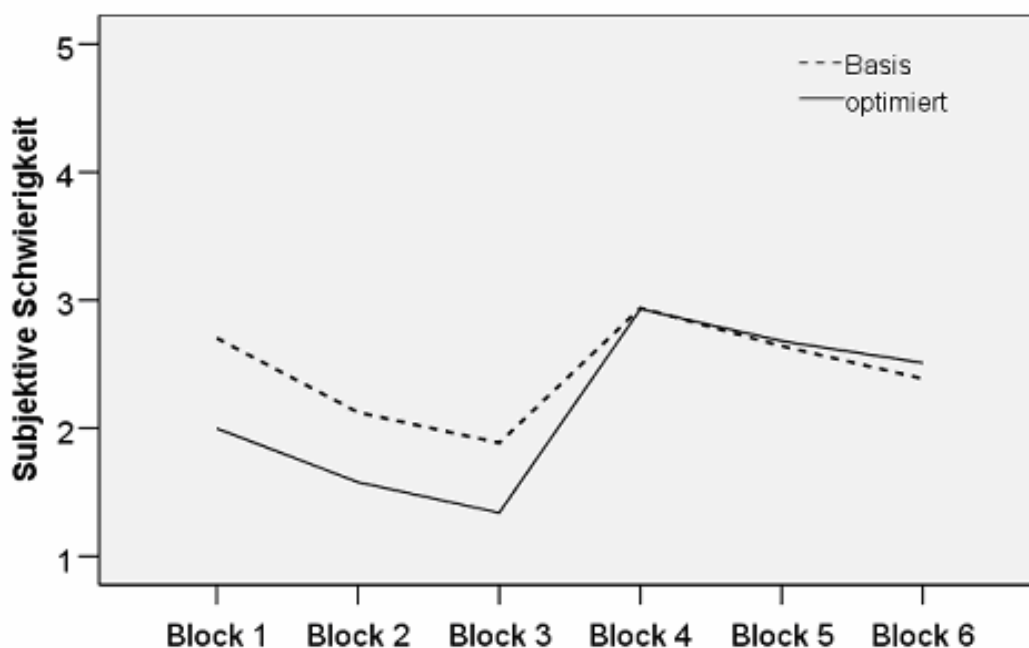


Abbildung 6-11: Subjektive Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C

Für die subjektiven Schwierigkeitseinschätzungen zeigte sich entgegen der eingangs formulierten Hypothese kein signifikanter Haupteffekt für den Faktor *Optimierung*. Demnach unterschied sich das subjektive Schwierigkeitsurteil der Probanden in den beiden Gruppen insgesamt nur der Tendenz nach voneinander, dergestalt, dass Probanden der Basisgruppe die Bedienung als schwieriger empfanden als die Probanden mit der optimierten Version (vgl. Hypothese C1c).

Für die beiden Faktoren *Wiederholung* und *Zusatzbelastung* ergaben sich signifikante Haupteffekte in der jeweils erwarteten Richtung ( $F=60,31$ ;  $df=1,68$ ;  $p=0,000$ ; bzw.  $F=37,05$ ;  $df=1$ ;  $p=0,000$ ). Mit wiederholter Bearbeitung schätzten die Probanden die Aufgaben als weniger schwierig ein (vgl. Hypothese C2) und bei zusätzlicher kognitiver Belastung empfanden die Probanden die Aufgaben schwieriger als ohne Zusatzbelastung (vgl. Hypothese C3).

Die Interaktion der Faktoren *Optimierung* X *Wiederholung* war nicht signifikant. Für die Interaktion der Faktoren *Optimierung* X *Zusatzbelastung* ergab sich ein signifikanter Effekt, jedoch entgegen der formulierten Hypothese ( $F=4,22$ ;  $df=1$ ;  $p=0,047$ ): Die kognitive Zusatzbelastung bedeutete für die Probanden, welche die optimierte Version bedienten, eine stärkere Erhöhung der wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit als für die Probanden, welche die Basisversion bedienten.

Die Interaktion der Faktoren *Wiederholung* X *Zusatzbelastung* war entsprechend der Erwartung signifikant ( $F=3,57$ ;  $df=1,75$ ;  $p=0,033$ ): Mit kognitiver Zusatzbelastung sank die subjektive Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit nicht so stark wie ohne kognitive Zusatzbelastung (vgl. Hypothese C6).

Tabelle 6-2 zeigt abschließend die Mittelwerte und Standardabweichungen für alle abhängigen Maße, zusammengefasst jeweils über die vier Aufgaben eines Blockes.

Tabelle 6-1: Mittelwerte (Standardabweichungen in Klammern) für Bedienzeit, Bedieneffektivität, Zufriedenheit und Schwierigkeitsbeurteilung für die Basis- und die optimierte Version in allen Aufgabenblöcken der Studie C

	Version	Aufg.- Block 1	Aufg.- Block 2	Aufg.- Block 3	Aufg.- Block 4	Aufg.- Block 5	Aufg.- Block 6
<b>Bedienzeit (s)</b>	Basis	454,8 (127,5)	281,4 (111,5)	245 (99,8)	307,7 (77,2)	268,4 (69,7)	245,4 (59,8)
	Optimiert	328,7 (108,6)	200,6 (88,3)	180,8 (63,3)	257,2 (78,3)	233 (56,5)	223,0 (61,7)
<b>Bedieneff. (Anz. Ist-/ Soll-Bedh.)</b>	Basis	4,03 (1,7)	2,2 (1,11)	1,97 (1,01)	1,84 (0,55)	1,64 (0,43)	1,58 (0,53)
	Optimiert	2,75 (1,38)	1,76 (1,03)	1,55 (0,83)	1,78 (0,92)	1,48 (0,7)	1,53 (0,98)
<b>Zufriedenheit (Skala 1-5)</b>	Basis	3,04 (0,50)	3,32 (0,51)	3,55 (0,62)	3,48 (0,57)	3,49 (0,61))	3,58 (0,61))
	Optimiert	3,52 (0,58)	3,94 (0,53)	3,94 (0,63)	3,91 (0,56)	3,92 (0,67)	4,08 (0,60)
<b>Subj. Schwierigkeit (Skala 1-5)</b>	Basis	2,63 (0,83)	2,0 (0,63)	1,81 (0,54)	2,99 (0,65)	2,65 (0,81)	2,39 (0,86)
	Optimiert	2,0 (0,47)	1,58 (0,52)	1,34 (0,45)	2,93 (0,70)	2,68 (0,80)	2,51 (0,88)
<b>Hilfen</b>	Basis	1,8 (1,28)	0,3 (0,47)	0,1 (0,31)	0,05 (0,22)	0 (0)	0,05 (0,22)
	Optimiert	1,14 (1,08)	0,05 (0,21)	0,09 (0,29)	0,14 (0,35)	0,09 (0,29)	0,05 (0,21)

### 6.3.1.6 Zusammenfassung zu Bedienleistung und System-Beurteilung

Tabelle 6-2 zeigt eine Übersicht darüber, welche der eingangs formulierten Hypothesen durch die Daten dieser Studie empirisch gestützt werden.

Tabelle 6-2: Übersicht der empirischen Unterstützung für die Hypothesen bezüglich Bedienleistung und Systembeurteilung pro Aufgabenblock in Studie C;  
Bedeutung der Symbole: ✓/(✓)=signifikant entsprechend der Hypothese (nur bei  $N_{OV}=21$ ); ×= nicht signifikant; != signifikant entgegen der Hypoth.

Hypothese	abhängige Maße					
	Anz. ri. gel. A.	Anz. Hilfen	Bedien-zeit	Bedien-effekt.	Zufrie-denheit	Subj. Schwie.
C1a: Unterschied Bedienerfolg	✓	-	-	-	-	-
C1b: Unterschied Hilfen	-	✓*	-	-	-	-
C1c: Haupteffekt <i>Optimierung</i>	-	-	✓**	(✓*)	✓**	×
C2: Haupteffekt <i>Wiederholung</i>	-	-	✓**	✓**	✓**	✓**
C3: Haupteffekt <i>Zusatzbelastung</i>	-	-	!*	!**	!**	✓**
C4: Interaktion <i>Optimierung X Wiederholung</i>	-	-	!**	!*	×	×
C5: Interaktion <i>Optimierung X Zusatzbelastung</i>	-	-	!*	!*	×	!*
C6: Interaktion <i>Wiederholung X Zusatzbelastung</i>	-	-	✓**	✓**	✓**	✓*

✓→ $p<0,10$ ; \*→ $p<0,05$ ; \*\*→ $p<0,01$

### 6.3.2 Detailanalysen für die verschiedenen Aufgaben

Um beurteilen zu können, ob die Optimierung des Bedienablaufes bei den vier verwendeten Aufgaben gleichermaßen erfolgreich war, wurden auf der Ebene der einzelnen Aufgaben zusätzliche Analysen durchgeführt. Es wurde erwartet, dass die Optimierung des Bedienablaufes für jede Aufgabe einen Vorteil bezüglich der fünf abhängigen Maße bewirken würde. Für die abhängigen Variablen Bedienerfolg, Bedienzeit, Bedieneffektivität, Zufriedenheit und subjektive Schwierigkeit, jeweils zusammengefasst für die einzelnen Aufgaben, wurde je eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Gruppierungsfaktor *Optimierung* gerechnet. Dabei gingen die Daten aller 44 Probanden in die Analyse ein. Es folgen die Ergebnisse für die vier verschiedenen Aufgaben. Alle Mittelwerte und Standardabweichungen finden sich in Tabelle 6-3.

Beim Speichern eines Radiosenders stand den Probanden neben dem optimierten Bedienpfad über den neuen Menüpunkt auch gleichzeitig noch der alte, gleiche Weg wie in der Basisversion zur Verfügung (dort 124-mal bedient). Von 126 Malen, die die Aufgabe

„Radiosender speichern“ in der optimierten Version ausgeführt wurde, wählten die Probanden 84 Mal den neuen Bedienpfad (genau zwei Drittel der Fälle). Obwohl nicht alle Probanden den neuen Bedienpfad wählten, zeigten sich für die Gruppe, welche die optimierte Version bediente, signifikante Vorteile gegenüber dem Basis-Bedienablauf bezüglich der benötigten Bedienzeit ( $F=7,63$ ;  $df=1$ ;  $p=0,008$ ), der Zufriedenheit der Probanden ( $F=8,28$ ;  $df=1$ ;  $p=0,006$ ) und der subjektiv empfundenen Aufgabenschwierigkeit ( $F=6,10$ ;  $df=1$ ;  $p=0,018$ ). Probanden, welche die optimierte Version bedienten, lösten diese Aufgabe außerdem der Tendenz nach öfter richtig und führten tendenziell weniger überflüssige Bedienhandlungen aus als Probanden, welche die Basisversion bedienten.

Tabelle 6-3: Mittelwerte (Standardabweichungen in Klammern) für alle abhängigen Maße der Studie C, zusammengefasst für jede Aufgabe über alle Durchgänge, getrennt für Basis- ( $n=22$ ) und optimierte ( $n=22$ ) Version

	Version	RSenSp	SMSlesen	ABneu	EintrLösch
<b>Bedienzeit (s)</b>	Basis	50,0 (27,11)	24,45 (8,62)	179,36 (43,11)	70,37 (41,57)
	Optimiert	31,7 (15,14)	20,0 (7,73)	150,28 (41,38)	35,23 (12,71)
<b>Bedieneff. (Anz. Ist-/ Soll-Bedh.)</b>	Basis	2,58 (1,62)	1,47 (0,95)	3,59 (5,09)	3,23 (3,67)
	Optimiert	1,88 (1,41)	1,34 (0,4)	2,23 (2,07)	1,51 (0,43)
<b>Zufriedenheit (Skala 1-5)</b>	Basis	3,22 (0,83)	3,96 (0,51)	3,19 (0,89)	3,10 (0,77)
	Optimiert	3,89 (0,71)	4,18 (0,51)	3,45 (0,82)	4,02 (0,53)
<b>Subj. Schwierigkeit (Skala 1-5)</b>	Basis	2,70 (8,80)	1,77 (0,49)	2,81 (0,71)	2,64 (0,85)
	Optimiert	2,20 (0,48)	1,80 (0,53)	2,67 (0,70)	2,03 (0,51)
<b>Bedienerfolg (Anz. ri. gelöst)</b>	Basis	5,41 (0,50)	5,59 (1,03)	5,23 (1,41)	4,95 (1,53)
	Optimiert	5,55 (1,30)	5,90 (0,43)	5,68 (1,09)	5,90 (0,29)

Beim Lesen einer SMS-Nachricht benutzten knapp die Hälfte (65 von 132 = 49,2%) der Probanden den neuen abkürzenden Menüpunkt. Die mittlere Bedieneffektivität war in beiden Versionen hoch: in der Basisversion bei 1,37 Ist-/ Soll-Bedienhandlungen ( $s=0,96$ ; 128 Durchgänge bearbeitet), in der optimierten Version für den ursprünglichen Bedienpfad bei 1,44 ( $s=0,85$ ) und für den abkürzenden Bedienpfad bei 1,22 ( $s=0,50$ ). Beim Anlegen eines neuen Adressbucheintrags stand in der optimierten Version nur ein Bedienpfad zu Verfügung.

Für diese beiden Aufgaben „Adressbucheintrag anlegen“ und „SMS-Nachricht lesen“ bot der optimierte Bedienablauf jeweils keine statistisch signifikanten Vorteile. Beide Aufgaben wurden jedoch von den Probanden, welche die optimierte Version bedienten, tendenziell öfter richtig gelöst als von den Probanden, welche die Basisversion bedienten. Die Probanden der optimierten Version waren zudem bei der Bedienung tendenziell schneller, führten tendenziell weniger überflüssige Bedienhandlungen aus und waren tendenziell zufriedener. Bei der Aufgabe „Adressbucheintrag anlegen“ waren diese Unterschiede deutlicher als bei der Aufgabe „SMS-Nachricht lesen“. Die subjektive eingeschätzte Schwierigkeit unterschied sich für beide Aufgaben kaum zwischen den beiden Versionen.

Für die Aufgabe „Adressbucheintrag löschen“ bot der optimierte Bedienablauf eine zusätzliche, den Erwartungen entsprechende Möglichkeit, den gewünschten Eintrag zu löschen. Dieser neue Bedienpfad wurde vom größten Teil der Probanden (119 von 131 Mal = 90,8%) benutzt und war dem Basis-Bedienablauf bezüglich aller erhobenen abhängigen Maße signifikant überlegen (Anzahl richtig gelöster Aufgaben:  $F=8,30$ ;  $df=1$ ;  $p=0,006$ ; Bedienzeit:  $F=17,91$ ;  $df=1$ ;  $p=0,000$ ; Anteil überflüssiger Bedienhandlungen:  $F=4,52$ ;  $df=1$ ;  $p=0,039$ ; Zufriedenheit:  $F=21,12$ ;  $df=1$ ;  $p=0,000$ ; subjektive Schwierigkeit:  $F=8,25$ ;  $df=1$ ;  $p=0,006$ ).

## **6.4 Diskussion Studie C**

Es war das Anliegen dieser Untersuchung, Bedienabläufe in einem Fahrerinformationssystem an die Erwartungen der Benutzer anzupassen und die positiven Auswirkungen dieser Optimierungen auf Bedienleistung und System-Bewertung zu belegen. Zur Evaluation der optimierten Bedienabläufe wurden der Bedienerfolg, die Bedienzeit, die Bedieneffektivität, die Zufriedenheit mit der Menüführung und die wahrgenommene Schwierigkeit erhoben. Durch wiederholte Bearbeitung der Aufgaben und durch Einführung einer Parallelaufgabe in der zweiten Hälfte der Untersuchung konnten neben dem Einfluss der Optimierung selbst auch noch Lerneffekte und die Auswirkung einer kognitiven Zusatzbelastung untersucht werden. Im Folgenden werden die Einflüsse dieser drei Faktoren vor dem Hintergrund der eingangs formulierten Hypothesen diskutiert. Im Anschluss folgt eine Bewertung der für die einzelnen Aufgaben vorgenommenen Optimierungen.

### **6.4.1 Einflüsse auf Bedienleistung und System-Beurteilung**

Zunächst werden die Ergebnisse zu den objektiven, später zu den subjektiven abhängigen Maßen diskutiert.



#### 6.4.1.1 Objektive Maße der Bedienleistung

Bei den objektiven Maßen der Bedienleistung zeigte sich für die Einflüsse der drei Faktoren das gleiche Muster.

Wie erwartet ermöglicht die Optimierung der Bedienabläufe es den Probanden, die Aufgaben öfter richtig, schneller und effektiver zu lösen (Hypothesen C1a und C1c). Da die Probanden bei den optimierten Bedienabläufen ein mit dem System übereinstimmendes mentales Modell bilden können, führen sie weniger unnötige Bedienhandlungen aus und erreichen das Bedienziel dadurch öfter und schneller. Es ist anzunehmen, dass die beiden Probanden, welche die Untersuchung vorzeitig abbrachen und so nicht in die Analyse mit einbezogen werden konnten, den Unterschied zwischen den beiden Gruppen eher verstärkt hätten. Ihre Werte für Bedieneffektivität und Bedienzeit lagen deutlich unter bzw. über dem Durchschnitt. Es zeigt sich weiterhin über die Zeit eine Steigerung der Leistung für alle Probanden (Hypothese C2), was bedeutet, dass mit zunehmender Wiederholung öfter einzutreffendes mentales Modell gebildet werden kann.

Die Probanden der Basisgruppe benötigen mehr Hilfen vom Versuchsleiter (Hypothese C1b). Besonders zu Anfang erfolgen viele Hilfestellungen, was darauf hindeutet, dass bei der Basisgruppe mehr Hilfen notwendig sind, damit die Probanden ein mit dem System übereinstimmendes mentales Modell entwickeln können. Die an die Benutzererwartungen angepassten Bedienabläufe der optimierten Version des Prototypen dagegen erlauben es den Benutzern, schneller ohne Hilfe adäquate mentale Modelle zu bilden, welche ihnen eine effektive Bedienung erlauben.

Anders als erwartet ist der Lerneffekt für die Probanden, welche die optimierten Bedienabläufe bedienen, schwächer als für die Probanden der Basisgruppe (Hypothese C4). Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Bedienung der optimierten Bedienabläufe schon nach wenigen Wiederholungen nahe dem Optimum verläuft und weiteres Lernen kaum noch möglich ist. Das Lernpotenzial für die Gruppe mit den Basis-Bedienabläufen ist höher, wodurch diese Gruppe länger braucht, um dasjenige Leistungsniveau zu erreichen, welches durch die optimierten Bedienabläufe schon früher erreicht wird. Letztendlich erreichen die Probanden, welche die Basis-Bedienabläufe bedienen, gegen Ende der Untersuchung ungefähr das Niveau der Gruppe mit den optimierten Bedienabläufen. Dies bedeutet, dass die Anpassung der Bedienabläufe an die Benutzererwartungen besonders unerfahrenen Probanden bei den ersten Bedienungen einen Vorteil bringt.

Ergänzend dazu soll hier angemerkt werden, dass der Lerneffekt in dieser Untersuchung nur über einen relativ kurzen Zeitraum von ca. 90 Minuten gemessen wurde, in welchem gegenüber der Alltagsbenutzung überdurchschnittlich viele Wiederholungen der gleichen

Aufgabe auftraten. Es kann angenommen werden, dass bei längeren Intervallen zwischen den Wiederholungen einer Aufgabe der Lerneffekt deutlich langsamer verläuft und damit der Vorteil der optimierten Bedienabläufe länger bestehen bleibt. Auf Grund der unerwarteten Bedienhandlungen in der Basisversion kann ein längerer Zeitraum zwischen den Wiederholungen sogar dazu führen, dass vor dem erneuten Bearbeiten einer Aufgabe der zuvor gelernte unerwartete Bedienablauf wieder vergessen wurde und neu gelernt werden muss. Die Leistung würde für die Basis-Bedienabläufe dann nicht oder nur sehr langsam steigen und der ursprünglich erwartete Interaktions-Effekt würde eintreten dergestalt, dass die optimierten Bedienabläufe schneller gelernt werden als die der Basisversion.

Entgegen der eingangs formulierten Erwartung verbessert sich die Leistung der Probanden trotz kognitiver Zusatzbelastung (Hypothese C3). Das bedeutet, der Einfluss der kognitiven Zusatzbelastung ist schwächer als der Lerneffekt und wird von diesem überdeckt. Durch diese Konfundierung kann der Effekt der kognitiven Zusatzbelastung nicht unabhängig vom Lerneffekt bewertet werden. Die Konfundierung wirkt sich auch auf die Interaktion zwischen *Optimierung X Zusatzbelastung* aus: Entgegen der ursprünglichen Erwartung wirkt sich die kognitive Zusatzbelastung in der Gruppe mit den optimierten Bedienabläufen stärker negativ auf die Leistung aus als in der Gruppe mit den Basis-Bedienabläufen (Hypothese C5). Das heißt, die Gruppe mit den Basis-Bedienabläufen lernt in der zweiten Hälfte mit kognitiver Zusatzbelastung noch soviel dazu, dass der negative Einfluss der kognitiven Zusatzbelastung durch diesen Lernzuwachs abgeschwächt wird. Die Gruppe mit den optimierten Bedienabläufen hat nach den ersten drei Wiederholungen ihr maximales Leistungsniveau schon erreicht, so dass die Auswirkung der kognitiven Zusatzbelastung nicht mehr durch einen gleichzeitigen Lernzuwachs geschwächt wird und deutlicher in Erscheinung treten kann als bei der Gruppe mit den Basis-Bedienabläufen. Um die Konfundierung der beiden Faktoren *kognitive Zusatzbelastung* und *Wiederholung* zu vermeiden, hätte die Reihenfolge, in der die Faktorstufen *mit* und *ohne* kognitive Zusatzbelastung auftreten, kontrolliert werden müssen. Das heißt in beiden Gruppen hätte je die Hälfte der Probanden mit, die andere Hälfte ohne kognitive Zusatzaufgabe beginnen müssen. Geht man jedoch davon aus, dass Benutzer eines FIS komplizierte Aufgaben nicht zuerst während der Fahrt ausführen, so entspricht es nicht der natürlichen Bediensituation, gleich mit Zusatzaufgabe zu beginnen. Wahrscheinlich wäre auch die Bereitschaft, der Probanden, unter diesen Bedingungen weiter an der Untersuchung teilzunehmen, nicht sehr hoch gewesen und mehr Probanden hätten gleich zu Beginn abgebrochen.

Unter kognitiver Zusatzbelastung verbessert sich die Leistung, wie erwartet, nicht so stark wie ohne kognitive Zusatzbelastung (Hypothese C6). Mit kognitiver Zusatzbelastung ler-

nen die Probanden nicht so schnell wie zuvor ohne, was bedeutet, dass die kognitive Zusatzbelastung Aufmerksamkeitsressourcen bindet und so das Lernen des Bedienablaufes beeinträchtigt.

#### *6.4.1.2 Subjektive Maße der System-Beurteilung*

Für die beiden subjektiven Maße zeigten sich unterschiedliche Einflüsse der drei Faktoren. Wie erwartet bewirkt die Optimierung der Bedienabläufe bei den Probanden eine höhere Zufriedenheit mit der Menüführung (Hypothese C1c) und der Lerneffekt durch wiederholte Darbietung der Aufgaben wirkt sich positiv auf die Zufriedenheit aus (Hypothese C2). Es findet sich die gleiche Konfundierung des Effektes der kognitiven Zusatzbelastung mit dem Lerneffekt wie bei den objektiven Maßen, so dass mit kognitiver Zusatzbelastung die Zufriedenheit höher ist als ohne (entgegen der Hypothese C3). Anders als bei den objektiven Leistungsmaßen bleibt der positive Effekt der Optimierung der Bedienabläufe auf die Zufriedenheit der Probanden über den gesamten Untersuchungszeitraum erhalten und wird nicht beeinflusst vom Lerneffekt oder der kognitiven Zusatzbelastung (keine Interaktionen gemäß Hypothesen C4 und C5).

Für die subjektive Schwierigkeit ergibt sich als einziges abhängiges Maß entgegen der Erwartung (Hypothese C1c) nur ein tendenzieller, aber kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Mit zunehmender Übung erscheinen die Aufgaben den Probanden weniger schwierig (entsprechend Hypothese C2). Der Effekt der kognitiven Zusatzbelastung wird bei der Schwierigkeit als einzigem abhängigen Maß nicht überdeckt von dem Lerneffekt: Durch die kognitive Zusatzbelastung erscheinen die Aufgaben den Probanden wie erwartet (Hypothese C3) schwieriger als ohne Zusatzbelastung. Wie bei der Zufriedenheit ist der Lerneffekt in beiden Gruppen gleich stark (keine Interaktion gemäß Hypothese C4). Die zusätzliche kognitive Belastung hat in der Gruppe, welche die optimierte Version bediente, eine stärkere Auswirkung auf das subjektive Schwierigkeitsurteil als in der Gruppe mit den Basis-Bedienabläufen (entgegen der Hypothese C5). Hier besteht eine Parallele zu den objektiven Leistungsmaßen.

Wie die objektiven Leistungsmaße entwickeln sich auch beide subjektiven Maße unter kognitiver Zusatzbelastung nicht mehr so schnell positiv wie zu Anfang ohne Zusatzbelastung (entsprechend Hypothese C6).

Ein wichtiger Unterschied bezüglich der objektiven und subjektiven Schwierigkeitsmaße einerseits und der Zufriedenheit andererseits sei hier hervorgehoben, da er vor allem aus Herstellersicht interessant ist: Obwohl die Aufgabenbearbeitung mit zunehmender Übung subjektiv immer weniger schwierig empfunden wird und obwohl die Aufgaben nach mehreren Wiederholungen in beiden Versionen fast gleich schnell und effektiv bearbeitet wer-

den können, ist die Zufriedenheit der Probanden mit der Menüführung bei den optimierten Bedienabläufen von Anfang an und auch nach vielen Wiederholungen deutlich höher! Eine Anpassung der Bedienabläufe an die Erwartungen der Probanden hat demnach dauerhafte Auswirkung vor allem auf die Zufriedenheit und damit Akzeptanz der Benutzer.

Insgesamt lässt sich festhalten: Sowohl die objektive Bedienleistung als auch die subjektive System-Bewertung wird beeinflusst von der Gestaltung der Bedienabläufe, vom Grad der Übung und davon, ob parallel zur Bedienaufgabe eine weitere Aufgabe ausgeführt wird. Die Anpassung von Bedienabläufen an die Erwartungen der Benutzer entsprechend den aufgestellten allgemeinen Gestaltungsempfehlungen wirkt sich positiv aus auf die objektive Bedienleistung und die subjektive Bewertung des Systems. Sie ermöglicht eine bessere Bedienung des Systems auch bei vorhandener Parallelaufgabe. Ein optimales Leistungsniveau bei Bediengeschwindigkeit und –effektivität werden bei optimierten Bedienabläufen durch Lernen schneller erreicht, da die Benutzer von Anfang an adäquate mentale Modelle bilden können. Obwohl durch viel Übung in kurzen Abständen auch bei nicht optimierten Bedienabläufen ein ähnlich hohes Bedienleistungsniveau erreicht werden kann, bietet die Optimierung doch vor allem bei der ersten Bedienung und bei selten genutzten Funktionen einen deutlichen Vorteil. Die Optimierung der Bedienabläufe wirkt sich am dauerhaftesten auf die Zufriedenheit der Benutzer aus. Eine Parallelaufgabe erhöht die subjektiv empfundene Schwierigkeit stärker als sie die tatsächliche Leistung beeinträchtigt. Eine Optimierung der Bedienabläufe ist für alle Funktionen vorteilhaft, da man davon ausgehen kann, dass von unterschiedlichen Personen jeweils andere Funktionen selten genutzt werden und deshalb nicht sehr schnell gelernt werden.

#### 6.4.2 Erfolg der Optimierungen bei den einzelnen Aufgaben

Analysen bezüglich Bedienleistung und System-Beurteilung für die einzelnen Aufgaben gaben Aufschluss darüber, wie groß der Vorteil der optimierten Bedienabläufe gegenüber den Basisbedienabläufen bei den einzelnen Aufgaben war.

Beim Speichern eines Radiosenders wurde der neue Bedienpfad, wie zuvor vermutet, von der Mehrheit, aber nicht von allen Probanden benutzt. Trotzdem ermöglichte er eine objektiv und subjektiv bessere Bedienung. Das dem neuen Bedienpfad zu Grunde liegende konzeptuelle Modell ist durch den zusätzlichen Bedienpfad mit dem weiterem Bedienschritt und der erwartungsgemäßen Menübezeichnung „Speicherposition auswählen“ (vgl. Abbildung 6-2) komplexer als das konzeptuelle Modell der Basisversion. In diesem Fall aber ermöglicht gerade dieses komplexere konzeptuelle Modell die Bildung eines einfacheren mentalen Modells als es in der Basisversion möglich ist und ermöglicht so eine effizientere, einfachere Bedienung.

Für das Lesen einer SMS-Nachricht wurde das konzeptuelle Modell des Systems C sowohl für die Basis- als auch die optimierte Version deutlich gegenüber den Systemen A und B verbessert, indem die Einordnung der SMS-Funktionalität in die Menüstruktur den Erwartungen der Benutzer angepasst wurde (jetzt im Telefonmenü zu finden). Schon diese Optimierung, welche in beiden Versionen stattfand, ermöglichte es den Benutzern, nur wenige überflüssige Bedienhandlungen auszuführen und nahe am optimalen Bedienpfad zu bedienen. Weil nur die Hälfte der Probanden den neuen Menüpunkt nutzte, war die optimierte Version der Basisversion nur der Tendenz nach überlegen. Ein stärkerer Vorteil der optimierten Version wäre möglicherweise zu erreichen, wenn der Cursor nach dem Öffnen des Telefonmenüs bereits auf dem neuen Menüpunkt positioniert wäre. So würde dieser Menüpunkt stärker ins Auge fallen und wahrscheinlich von einem größeren Teil der Probanden genutzt.

Für die Aufgabe „Adressbucheintrag anlegen“ wurde insbesondere der Wechsel zum nächsten Eingabefeld an die Erwartungen der Benutzer angepasst, indem das Mapping zwischen ZBE und Bewegung des Cursors zwischen den Datenfeldern verändert und die Verwechslungsmöglichkeit mit „ok“ zum Abschließen der Speicherhandlung eliminiert wurden. Trotzdem bietet der optimierte Bedienpfad ebenfalls nur einen tendenziellen Vorteil gegenüber dem ursprünglichen. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Bedienhandlung „nächstes Datenfeld anwählen“ jetzt aus mehr und verschiedenen Operationen besteht als zuvor (zunächst Anwählen der Beschriftungen der Datenfelder über horizontales Schieben, dann Scrollen zum nächsten Datenfeld über Drehen, dann Anwählen des Datenfeldes selbst über erneutes Schieben). Möglicherweise hat auch die Optimierung bezüglich des Mappings (Aufteilung der Beschriftungen und des Inhalts der Datenfelder auf zwei Menüfelder (vgl. Abbildung 6-4) gleichzeitig zu Einbußen in der Benutzung des Spellings geführt. Dieser war zuvor einzeilig, musste aber in der optimierten Version zweizeilig sein, um alle nötigen Zeichen enthalten zu können.

Für die Aufgabe „Eintrag löschen“ wurde die Menüstruktur der optimierten Version an die Erwartungen der Benutzer angepasst. So können die Benutzer bei der Bedienung dieser Aufgabe in der optimierten Version ein dem System entsprechendes mentales Modell bilden, zeigen dadurch bessere Bedienleistungen und bewerten das System besser. Der hohe Anteil an Benutzern, welche den neuen Bedienpfad wählten, spricht dafür, dass tatsächlich allgemein erwartet wird, zunächst den Eintrag zu öffnen und dann zu löschen.

Insgesamt werden in dieser Studie durch relative kleine Veränderungen im Bedienablauf und lokale Optimierungen relativ große Effekte über alle Probanden und Aufgaben erzielt, obwohl nicht einmal alle Probanden den Pfad mit dem „einfachen“ mentalen Modell wählen.

## 7 Diskussion und Ausblick

Dieses Kapitel diskutiert die empirischen Ergebnisse aller drei Studien vor dem Hintergrund der Zielsetzungen dieser Arbeit. Da eine detaillierte Diskussion der Ergebnisse jeder einzelnen Studie bereits in den Unterkapiteln 3.5, 4.4 und 6.4 erfolgte, wird hier die Bedeutung von mentalen Modellen für die Gestaltung von Bedienabläufen allgemein diskutiert. Es werden außerdem methodenkritische Aspekte und weiterführende Fragestellungen angesprochen.

Ziel dieser Arbeit war es einerseits, mentale Modelle zu ermitteln, welche Benutzer von den Bedienabläufen eines Fahrerinformationssystems haben, und andererseits zu zeigen, dass sich die Anpassung von Bedienabläufen eines FIS an die mentalen Modelle von Benutzern vorteilhaft auf die Gebrauchstauglichkeit des Systems auswirkt. Dazu wurde ein methodisches Konzept dreier Studien eingesetzt, durch welches die Ermittlung, Verifizierung und Evaluation mentaler Modelle in Bezug auf ihren Inhalt und ihren Nutzen für die Gestaltung von Bedienabläufen möglich wurde.

Zunächst wurden diejenigen Erwartungen von Personen an Bedienabläufe ermittelt, welche interindividuell übereinstimmen. Um die für die Gestaltung von Bedienabläufen relevanten Aspekte in den Erwartungen zu identifizieren, wurden diejenigen Merkmale/ Inhalte von mentalen Modellen betrachtet, welche systemübergreifend für FIS generell gelten. Dabei wurden die systemunabhängigen Benutzererwartungen verifiziert, indem aus ihnen das Bedienverhalten von Benutzern vorhergesagt wurde. Des Weiteren wurden die für die Gestaltung relevanten Veränderungen in den mentalen Modellen, entstanden durch Lern- und Transferprozesse, beleuchtet. Um die verifizierten systemunabhängigen, interindividuell übereinstimmenden Benutzererwartungen in allgemeinen Gestaltungsempfehlungen festhalten zu können, wurde ein handlungspsychologisch definiertes Abstraktionslevel zur Analyse und Darstellung gewählt, welches es erlaubte, die Benutzererwartungen als konzeptuelle Modelle in Form von Status-Übergangs-Diagrammen zu beschreiben. Schließlich wurden Bedienabläufe eines FIS entsprechend den ermittelten allgemeinen Benutzererwartungen gestaltet und gegenüber Bedienabläufen evaluiert, welche von den Benutzererwartungen abwichen. So wurden die Anwendbarkeit der Gestaltungsempfehlungen demonstriert und positive Effekte der Gestaltung von Bedienabläufen entsprechend den Benutzererwartungen aufgezeigt.

Die Schlussfolgerungen aus dieser Arbeit werden in fünf Abschnitten beschrieben, welche jeweils in einer Kernaussage zusammengefasst sind.

## 7.1 Allgemeine Erwartungen an Bedienabläufe eines FIS

Menschen bilden im Umgang mit technischen Geräten schematisches Wissen, und versuchen, dieses bei der Benutzung anderer Geräte anzuwenden, es auf andere Geräte zu übertragen. Bei der Benutzung eines unbekannten Gerätes bilden sie in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen und den Eigenschaften des neuen Systems mentale Modelle über die Funktionsweise dieses Gerätes. Zu Beginn dieser Arbeit war ausgeführt worden, dass auf Grund der Unterschiedlichkeit von Erfahrungen verschiedener Personen davon ausgegangen werden kann, dass die Erwartungen, welche von verschiedenen Personen an Bedienabläufe gestellt werden, ebenfalls unterschiedlich sein werden. Andererseits wurde ebenfalls angenommen, dass ein Teil der Erwartungen mehreren Benutzern gemein sein wird. Weiterhin wurde dargelegt, dass einige der gebildeten mentalen Modelle an spezielle Eigenschaften des Bedienkonzeptes des jeweils bedienten FIS geknüpft sein würden und daher speziell für dieses eine FIS gelten würden. Andere Erwartungen würden an Bedienabläufe eines FIS generell bestehen, unabhängig von den spezifischen Eigenschaften des Bedienkonzeptes.

Tatsächlich fanden sich in den ersten beiden Studien Erwartungen mit sehr hoher, solche mit mittel hoher und solche mit niedriger interindividueller Übereinstimmung. Sehr hohe Übereinstimmungen fanden sich vor allem für häufig und an verschiedenen Geräten benutzte Aufgaben wie z.B. das Speichern von Daten, die Eingabe einer PIN-Nummer oder das Führen eines Telefongespräches. Andere Aufgaben, für welche eine hohe Übereinstimmung vorlag, waren diejenigen, deren Bedienablauf stark durch allgemein bekannte Strukturen vorgegeben ist und dadurch gut mit schematischem Wissen aus dem Alltag übereinstimmt. Zum Beispiel wird die Eingabe eines Navigationszieles stark bestimmt durch den hierarchischen Aufbau einer Adresse (Land → Stadt → Straße → Hausnummer). Für diese Aufgaben hatten die Benutzer konkrete mentale Modelle aus ihrem Vorwissen ableiten können. Bedienabläufe von FIS sollten entsprechend diesen Erwartungen einer Mehrheit der Benutzer gestaltet werden, um die Bedienung zu erleichtern. Ein Bedienablauf, welcher den allgemeinen Erwartungen entspricht, mag in der Alltagssprache auch als intuitiv bedienbar bezeichnet werden. Ein Vergleich der hier gefundenen allgemeinen Benutzererwartungen zu den Überlegungen und Befunden der Forschung um das Konzept der Intuitivität könnte daher lohnenswert sein.

Mittel hohe interindividuelle Übereinstimmungen in den Erwartungen der Benutzer wurden in den ersten beiden Studien bei Aufgaben gefunden, in denen die Merkmale der Bedienoberfläche die Bildung eines einzigen adäquaten mentalen Modells nicht optimal unterstützten. Obwohl eine Mehrheit der Probanden offenbar ein zutreffendes mentales Modell bildete, wurde durch das Mapping, die Menübezeichnungen oder die Menüstruktur des

Systems noch ein weiteres mentales Modell nahe gelegt. Eine weitere Erklärung für eine mittel hohe Übereinstimmung von Benutzererwartungen kann sein, dass sich in anderen technischen Geräten ebenfalls mehrere gängige Implementierungen des Bedienablaufes für diese Aufgabe finden und die Erwartung eines Benutzers der zuvor von ihm am meisten benutzten Variante entspricht. Gibt es an einer Stelle im Bedienablauf mehrere Erwartungen mit mittel hoher interindividueller Übereinstimmung, oder eine Erwartung mit sehr hoher und eine andere mit mittel hoher, so sollte der Bedienablauf nach Möglichkeit so gestaltet werden, dass alle diese Erwartungen erfüllt werden. Ein Beispiel hierfür aus dieser Arbeit ist das Abspeichern eines aktuellen Radiosenders, wofür eine Mehrheit der Benutzer erwartet, einen kurzen Druck ausführen zu können, ein kleinerer Teil der Probanden allerdings durchaus die hinter dem langen Druck versteckte Speicherfunktion kennt. So ist hierfür in den Gestaltungsempfehlungen eine Lösung vorgeschlagen, welche zwei parallel mögliche Soll-Bedienpfade beschreibt.

Die beiden ersten Studien zeigen weiterhin, dass für einige Stellen in den Bedienabläufen von den meisten Benutzern keine konkreten Erwartungen gebildet werden. Dies waren häufig Aufgaben mit komplexen, viele Schritte umfassenden Bedienabläufen, welche an nicht sehr vielen verschiedenen Geräten verfügbar und damit von nicht so vielen Personen erfahr- und erlernbar sind, oder betrafen Funktionen, welche weniger häufig benutzt werden. Solche Stellen, an denen kein Benutzer oder nur ein sehr kleiner Teil der Benutzer spezifische Erwartungen generieren können, sind Hinweise dafür, dass sowohl im Vorwissen als auch im System nicht genug Hinweise darauf vorhanden sind, welche Bedienhandlung als nächstes ausgeführt werden soll. Wenn ein Benutzer die Funktion noch nicht kennt, kann er keine Vorstellung davon haben, welche Schritte auszuführen sind, um diese Funktion zu benutzen. Beispiele für solche Bedienaufgaben sind in dieser Arbeit die Zieleingabe über „Sonderziele“ in der Navigation oder das Kopieren von Telefondaten zwischen der SIM-Karte und dem Geräte-Speicher. Gestaltungsempfehlungen für diese Art von Aufgaben sind nicht Teil der Fragestellung dieser Arbeit und werden daher nicht ausführlich beschrieben. Aus den vorliegenden Ergebnissen könnte man jedoch ableiten, dass ein Bedienablauf, welcher die Bildung eines adäquaten mentalen Modells unterstützen möchte, eine stärkere Benutzerführung dergestalt anbieten sollte, dass die auszuführenden Schritte nacheinander abgearbeitet werden. Ähnlich wie z.B. in einem Menüfenster zur Installation neuer Software auf einem Computer wäre es möglich, den Benutzer mit Menüpunkten wie „zurück“, „weiter“ und „abschließen“ schrittweise durch die Aufgabe zu führen. Eine andere Möglichkeit, ein zum System passendes mentales Modell vom Bedienablauf durch Merkmale des Menüs stärker zu induzieren, wäre es, einen Überblick über alle auszuführenden Schritte ähnlich wie beim Einkaufen bzw. Bestellen im Internet



während der gesamten Aufgabe schematisch auf dem Bildschirm darzustellen und darin den jeweils gerade bearbeiteten Schritt zu markieren.

Die Generalisierbarkeit der in dieser Arbeit gefundenen Benutzererwartungen sollte auch anhand ihrer Gültigkeit für den zu erwartenden Benutzerkreis von FIS beurteilt werden. Alle in dieser Arbeit beschriebenen allgemeinen Benutzererwartungen wurden an ähnlichen Stichproben erhoben. Die getroffene Auswahl von Probanden erscheint zunächst wenig repräsentativ für die Benutzer-Zielgruppe und mag bei einigen Lesern Zweifel an der Generalisierbarkeit der Ergebnisse auslösen. Tatsächlich bildet das Geschlechterverhältnis in den Stichproben der drei Untersuchungen jedoch gerade wegen des hohen Männeranteils recht gut die reale Zusammensetzung der Fahrerpopulation der untersuchten Marke ab. Die Probandengruppen erscheinen allerdings gegenüber der realen Fahrerpopulation relativ jung und der Anteil mit technischem Beruf ist deutlich höher, weshalb zu prüfen wäre, ob dieser Unterschied zur realen Fahrerpopulation möglicherweise quantitative oder qualitative Unterschiede in den gebildeten mentalen Modellen zur Folge hat. Quantitativ dürfte der Anteil an Bedienhandlungen, mit denen die Personen aus der realen Population Schwierigkeiten haben, eher höher liegen als in den untersuchten Stichproben. Personen, welche älter und weniger technisch orientiert sind, dürften eher mehr Schwierigkeiten bei der Bedienung eines FIS haben als die untersuchten Probanden. Der Anteil an Bedienhandlungen der Systeme A und B, für welche Benutzer gut geeignete mentale Modelle aus ihrem Vorwissen ableiten können, könnte also für eine ältere und weniger technisch orientierte Personengruppe niedriger liegen. Eine solche Personengruppe würde wahrscheinlich weniger Erfahrung mit technischen Geräten haben und demnach weniger konkrete Erwartungen bilden können. Für eine solche Benutzergruppe könnte eine stärkere Benutzerführung hilfreich sein.

Es ist nicht auszuschließen, dass es qualitative Unterschiede zwischen den Erwartungen der eingesetzten Probandengruppe und weniger technisch interessierten Personen gibt. Das ist jedoch eher unwahrscheinlich, denn die Variation der technischen Berufe war relativ groß. Es erscheint nicht plausibel, dass eine Gruppe mit zwar technischen, aber dennoch unterschiedlichen Berufen sehr spezielle Vorerfahrungen mit bestimmten technischen Geräten in einer Art und Weise haben sollte, welche ihr schematisches Wissen für die hier in den Gestaltungsempfehlungen berücksichtigten Aufgaben qualitativ gegenüber weniger technisch interessierten Personen verändern würden<sup>5</sup>. Selbst große qualitative

---

<sup>5</sup> Genau genommen bedeutet ein quantitativer Unterschied in einer Wissensbasis natürlich auch schon einen qualitativen Unterschied. Denn wenn quantitativ mehr Wissensinhalte vorhanden sind, unterscheidet sich notwendigerweise das Wissen zweier Personen bzgl. derjenigen *slots*, welche in der Wissensbasis der einen Person besetzt sind und

Unterschiede in den Erwartungen der hier eingesetzten Probanden und anderen Personengruppen würden die Erkenntnisse über die Eignung der eingesetzten Methodik und des Untersuchungskonzeptes nicht schmälern. Um letzte Zweifel an der Allgemeingültigkeit der gefundenen interindividuell übereinstimmenden, systemübergreifenden Benutzererwartungen auszuräumen, wäre ihre Generalisierbarkeit auf weitere Benutzergruppen zu prüfen.

Der genaue Zusammenhang zwischen den Vorerfahrungen einer Person und Merkmalen der von ihr während der Bedienung gebildeten mentalen Modelle könnte ebenfalls in weiter führenden Studien detaillierter untersucht werden. Der Vorerfahrungsfragebogen, welcher in allen drei Studien eingesetzt wurde, erhob für alle Probanden die Nutzungshäufigkeit bestimmter technischer Geräte und verschiedener ihrer Funktionen. Diese Daten könnten im Hinblick auf ihre Bedeutung für die mentalen Modelle und die Bedienleistung bei einzelnen Aufgaben detailliert ausgewertet werden. Ist beispielsweise die Bedienleistung umso besser, an je mehr verschiedenen Geräten eine bestimmte Aufgabe schon ausgeführt wurde? Eine weiter führende Studie könnte die Fragebogendaten unter dieser und anderen Fragestellungen analysieren.

Es gibt allgemeine (= interindividuell übereinstimmende, systemübergreifende) Benutzererwartungen an Bedienabläufe von Fahrerinformationssystemen, auf deren Grundlage diese gestaltet werden sollten.

## 7.2 Systemunabhängigkeit von Benutzererwartungen

In dieser Arbeit werden drei Gestaltungsaspekte betrachtet, um zu beurteilen, ob mentale Modelle vom Bedienablauf abhängig sind von den spezifischen Merkmalen eines Bedienkonzeptes oder allgemein für alle FIS gelten. Grundannahme dabei ist, dass Erwartungen, welche Benutzer während der Bedienung eines Gerätes bilden, sich erstens auf die Zeichnungen im Menü und Beschriftungen der Tasten, zweitens auf die Menüstruktur und

---

in der einer anderen Person nicht. "Leer" ist nun mal auch qualitativ ein Unterschied zu "befüllt". Gleiches gilt für die daraus abgeleiteten mentalen Modelle, wie zuvor beschrieben könnten die Probanden also für einen größeren Anteil der Bedienabläufe konkrete Vorstellungen haben als die Benutzer-Zielgruppe. Es ist jedoch nicht plausibel, dass die Probanden durch ihre technische Ausrichtung Wissens-*slots* für die hier beschriebenen Aufgaben anders befüllt hätten als die Benutzer-Zielgruppe und warum daher Mitglieder der Benutzer-Zielgruppe, wenn sie mentale Modelle bilden können, andere bilden sollten als die Probanden in den Studien.

Reihenfolge im Bedienablauf sowie drittens auf das Mapping zwischen Bedienelementen und ihren Auswirkungen im Menü beziehen.

Man kann davon ausgehen, dass Bezeichnungen im Menü (oder Beschriftungen von Tasten) prinzipiell in jedem Gerät verwendbar sind, unabhängig davon, wie viele und welche Bedienelemente es gibt oder wie sie angeordnet sind. Weiterhin ist die Menüstruktur (aus welcher sich auch die Reihenfolge von Bedienschritten ergibt) in der Regel hauptsächlich in der Software eines Systems festgelegt und daher ebenfalls nicht abhängig vom Bedienkonzept. Ausnahme hiervon ist in einigen Geräten die oberste Menüebene, auf der parallel zur Auswahlmöglichkeit von Funktionsbereichen über das Menü ebenfalls Tasten mit der gleichen Funktion zur Verfügung stehen können. Diese Arbeit zeigt, dass diejenigen mentalen Modelle, welche sich hauptsächlich auf die Menübezeichnungen oder die Menüstruktur beziehen, unabhängig von spezifischen Merkmalen des Bedienkonzeptes für FIS generell gelten. Eine solche Erwartung fand sich zum Beispiel für die Menübezeichnung „ok“. Unabhängig davon, ob „ok“ als beschriftete Taste oder als Menüoption verfügbar war, knüpften Probanden an sie die Erwartung, den im Moment bearbeiteten Bedienschritt durch sie abschließen zu können. Da eine Taste oder Menüoption zu einem Zeitpunkt immer nur mit einer Funktion belegt sein kann; erwies sich eine dauernd vorhandene Bezeichnung „ok“ unabhängig vom Bedienkonzept des Systems besonders in Bediensituationen mit mehreren Handlungsalternativen als irreführend. Andere Erwartungen bzgl. eindeutiger Bezeichnungen wie z.B. „SMS“ für die SMS-Funktionalität bestanden ebenfalls unabhängig vom Bedienkonzept des verwendeten Systems. Erwartungen bzgl. der Menüstruktur, wie z.B. zur Zuordnung der Adressbuch-Funktionalität zum Funktionsbereich Telefon und zum direkten Öffnen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht erwiesen sich ebenfalls als unabhängig vom Bedienkonzept des verwendeten Systems. Es zeigte sich auch, wie aus den Befunden von Resnick und Sanchez (2004) vermutet worden war, dass eine erwartungskonforme Bezeichnung die Bildung eines situationsabhängigen, der tatsächlichen Menüstruktur angepassten mentalen Modells auslösen kann, obwohl die vorhandene Menüstruktur nicht mit den allgemeinen Erwartungen der Benutzer übereinstimmt. So benutzten Probanden die gesuchte Menüfunktion „löschen“ korrekt zum Löschen eines Adressbucheintrages, obwohl sie an einer unerwarteten Stelle im Bedienablauf auftauchte. Andererseits sind treffende Bezeichnungen allein keine Garantie dafür, dass passende mentale Modelle gebildet werden, denn trotz passender Bezeichnungen hatten die Probanden z.B. Schwierigkeiten mit der von ihren Erwartungen abweichenden Menüstruktur beim Öffnen des Obermenüs „Tel“.

Das Mapping der Bedienelemente in einem Gerät hingegen wird sogar definiert durch spezifische Eigenschaften im Bedienkonzept eines Systems: Sowohl die räumliche Anord-

nung der Bedienelemente als auch ihre Form und Bewegungsrichtung sollte in geeigneter Weise auf dem Bildschirm abgebildet sein. Dennoch kann auch ein systemspezifisches Mapping Anteile enthalten, welche auf andere Bedienkonzepte generalisierbar sind. Eine Benutzererwartung bzgl. des Mappings bezieht sich daher in der Regel auf ein spezielles Bedienkonzept, kann aber unter bestimmten Voraussetzungen auch für andere FIS gelten.

Eine Erwartung kann natürlich auch mehr als einen dieser Aspekte gleichzeitig betreffen. Für die Ableitung von allgemeinen und systemspezifischen Gestaltungsempfehlungen hat es sich in dieser Arbeit als nützlich erwiesen, zu identifizieren, auf welchen oder welche Gestaltungsaspekt/-e sich einzelne Erwartungen beziehen, bzw. bzgl. welcher Aspekte bestehende Bedienabläufe von den Erwartungen der Benutzer abweichen. Für alle Abweichungen zwischen mentalen und konzeptuellen Modellen ließ sich mindestens einer der genannten Gestaltungsaspekte als Ursache erkennen. Es gab keine Erwartungen, welche keinem der drei Aspekte zugeordnet werden konnten. So scheinen die drei als relevant eingestuften Systemmerkmale tatsächlich die für die Gestaltung von Bedienabläufen wichtigen Aspekte abzudecken. Es empfiehlt sich in der Praxis, auch wenn bspw. für einen neu zu integrierenden Funktionsbereich keine detaillierte Analyse der mentalen Modelle stattfindet, für die Optimierung und Gestaltung von Bedienabläufen zumindest diese drei Gestaltungsaspekte explizit zu beachten.

Zur Verifizierung der Systemunabhängigkeit der ermittelten allgemeinen Benutzererwartungen wurde in dieser Arbeit aus ihnen Bedienverhalten vorhergesagt, welches an einem System mit anderem Bedienkonzept ausgeführt werden würde. Dazu wurden zwei Studien durchgeführt, in denen zwei Systeme des gleichen Herstellers mit unterschiedlichen Bedienkonzepten, aber größtenteils gleichen Bedienabläufen eingesetzt wurden. Es hätte auch ein anderes Gerät für die Verifizierung in Studie B verwendet werden können. Doch gerade durch die Ähnlichkeit der Bedienabläufe einerseits bei gleichzeitiger Unterschiedlichkeit der Bedienelemente andererseits wurde die Unabhängigkeit der Erwartungen vom Bedienkonzept nachgewiesen. Bei zusätzlich bestehenden Unterschieden in den Bedienabläufen dagegen hätte für ggf. vorhandene Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell des zweiten Systems nicht eindeutig entschieden werden können, ob sie auf systemspezifische Merkmale des Bedienkonzeptes oder auf den Bedienablauf zurückzuführen sind.

Für die zweite Studie konnte das Bedienverhalten der Probanden auf Basis der zuvor ermittelten mentalen Modelle nur deshalb größtenteils korrekt vorhergesagt werden, weil einige Aspekte der mentalen Modelle von Benutzern systemübergreifend für FIS an sich gelten, unabhängig von dem jeweiligen Bedienkonzept eines einzelnen Systems. Die er-

folgreiche Anwendung der abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen in einem wiederum unterschiedlichen System in einer dritten Studie unterstrich die Gültigkeit der Erwartungen für Fahrerinformationssysteme. Einige der in Kapitel 5 vorgestellten allgemeinen Bedienprinzipien können auch auf andere technische Geräte übertragen werden, so z.B. die Empfehlungen für das Ausfüllen von Formularen oder zum Abschließen von Speichervorgängen. Durch Anwendung der Gestaltungsempfehlungen auf weitere Fahrerinformationssysteme und andere Geräte wäre die Allgemeingültigkeit weiter zu belegen.

Für die Gestaltung von Bedienabläufen in Übereinstimmung mit Benutzererwartungen sind besonders drei Aspekte wichtig: Menübezeichnungen, Menüstruktur, Mapping.

### **7.3 Erlernen und Modifizieren mentaler Modelle durch Transfer**

Im Umgang mit technischen Geräten verändern sich die von Benutzern gebildeten mentalen Modelle mit der Zeit. Stimmt ein gebildetes mentales Modell gut mit dem System überein, so ermöglicht es eine erfolgreiche Benutzung und wird mit höherer Wahrscheinlichkeit beim nächsten Auftreten einer ähnlichen Situation wieder in gleicher Weise gebildet und zur Auswahl von Handlungen benutzt, so dass das entsprechende Schema im Langzeitgedächtnis gestärkt wird. Ein Beispiel für einen solchen positiven Transfereffekt findet sich in dieser Arbeit für das Abschließen von Speichervorgängen in Studie A. Diejenigen Benutzer lösten eine zweite Speicheraufgabe mit weniger Bedienhandlungen, welche die erforderliche Bedienhandlung schon in einer ersten Speicheraufgabe erfolgreich ausführen konnten. Es gibt auch negative Transfereffekte, wenn, wie ebenfalls an den Speicheraufgaben in Studie A deutlich wird, in einer sehr ähnlich erscheinenden Situation ein analoges mentales Modell gebildet wird, die Systemreaktion an dieser Stelle aber anders ist, als durch die Systemmerkmale nahe gelegt wird. In diesem Fall kommt es zu einer schlechteren Bedienleistung.

Weicht ein mentales Modell vom konzeptuellen Modell des Systems ab, so werden auf seiner Basis keine zielführenden Handlungen ausgewählt und es kommt zu Misserfolgen bei der Bedienung. Die Person probiert dann andere Bedienhandlungen aus, findet vielleicht eine zielführende, schließt daraus auf die Funktionsweise des Systems und bildet bei der nächsten ähnlichen Situation mit höherer Wahrscheinlichkeit wieder dieses mentale Modell. So kann im weiteren Umgang mit diesem Gerät die vorhandene Wissensbasis erweitert, die mentalen Modelle den tatsächlichen Gegebenheiten des Systems angepasst und die im Langzeitgedächtnis abgelegte schematische mentale Repräsentation

nach und nach modifiziert werden. Beispielhafte Lerneffekte dieser Art finden sich in dieser Arbeit für das Löschen eines eingegebenen Zeichens in Studie A oder den Wechsel zum nächsten Eingabefeld beim Anlegen eines Adressbucheintrags in Studie B. Inwieweit diese Veränderungen in den gebildeten mentalen Modellen auch dauerhafte Veränderungen der Wissensbasis bedeuten, ist durch die gefundenen Lerneffekte noch nicht beantwortet. Dutke (1994) bspw. weist darauf hin, dass gefestigte Wissensstrukturen sich nicht sehr schnell dauerhaft modifizieren lassen. Eine leichte Erlernbarkeit und Erinnerbarkeit der Bedienabläufe sind daher für gelegentliche Benutzer wichtiger als für Experten, denn Experten können durch die intensive Erfahrung und häufige Wiederholungen stärker angemessene mentale Modelle bilden (Oberquelle, 1994). So wäre zu erwarten, dass Benutzer, welche die erwartungskonträren Bedienhandlungen schon erlernt zu haben scheinen, nach einer längeren Pause wieder ihre ursprüngliche Erwartung bilden und die gleichen Bedienfehler wie zu Anfang machen. Auch würden einige der hier beobachteten Lerneffekte in einer realen Bediensituation vielleicht gar nicht entstehen, weil dort keine Hilfestellung seitens des Versuchsleiters vorhanden ist. Benutzer probieren dann evtl. die richtige Bedienhandlung gar nicht aus und entdecken die tatsächliche Funktionsweise des Systems nicht, aus der sie ein adäquates mentales Modell ableiten könnten. Um Bedienabläufe den Benutzererwartungen anzupassen, ist es also umso mehr erforderlich, zu erfahren, welche allgemeinen Erwartungen Benutzer aus ihrem schon vorhandenen Wissen vor der ersten Benutzung eines Systems mitbringen, ohne dass dieses genutzte Wissen schon durch die Bedienabläufe des zu bedienenden Systems verändert worden wäre. So werden in allen Studien dieser Arbeit stets Erstbenutzer für das jeweilige System eingesetzt.

In Studie C wurden die hier erarbeiteten allgemeinen Gestaltungsempfehlungen auch bezüglich ihrer Auswirkungen auf Lernprozesse evaluiert. Erwartet wurde dabei ein schnellerer Lerneffekt für die entsprechend den Erwartungen optimierten Bedienabläufe. Es zeigte sich folgender Effekt: Zu Beginn ermöglichen die an die mentalen Modelle der Benutzer angepassten Bedienabläufe einen deutlichen Vorteil bzgl. der Bedienleistung gegenüber denjenigen Bedienabläufen, welche von den Erwartungen abweichen. Sie werden aber schon nach sehr wenigen Wiederholungen sehr nahe am optimalen Leistungsniveau ausgeführt, so dass sich insgesamt nur ein leichter Lernzugewinn für die optimierten Bedienabläufe einstellt. Nach mehreren Wiederholungen in relativ kurzer Zeit nähert sich die Bedienleistung für diejenigen Bedienabläufe, welche von den Erwartungen abweichen, sehr nahe an die Leistungskurve für die optimierten Bedienabläufe an, so dass der Lernzuwachs hier insgesamt höher ist und der zu Beginn vorhandene Unterschied nahezu ausgeglichen wird.

In Abschnitt 6.4.1 wurde bereits diskutiert, dass dies keineswegs so interpretiert werden darf, dass eine Optimierung der Bedienabläufe unnötig wäre. Im Gegenteil: Es ist eher unwahrscheinlich, dass ein derart starker Lerneffekt auch in der Realität auftreten würde. Im realen Umgang mit dem System wäre der Abstand zwischen den Aufgaben-Wiederholungen wohl länger und unregelmäßiger, sodass davon ausgegangen werden kann, dass besonders bei von der Erwartung abweichenden Bedienhandlungen zwischen zwei Wiederholungen das Gelernte auch wieder vergessen wird. In realen Lernsituationen würden Personen wahrscheinlich gar nicht erst sechs Durchgänge durchführen, wenn sie schon beim ersten Mal die Aufgabe nicht schaffen oder extreme Schwierigkeiten damit haben. Viele würden vermutlich früher aufgeben, womit der Lerneffekt gar nicht eintreten könnte. (Dies wiederum hätte einen negativen Effekt auf Akzeptanz und Zufriedenheit mit dem System und würde ggf. das Kaufverhalten für zukünftige Systeme negativ beeinflussen; vgl. Unterkapitel 0). In einer weiterführenden Untersuchung wäre zu klären, welche Lerneffekte entstehen, wenn der Abstand zwischen den Wiederholungen der Aufgabe länger ist, also mehrere Tage oder gar Wochen, beträgt. Es wäre dabei anzunehmen, dass bei größeren Intervallen zwischen den Wiederholungen sich die Bedienleistung besonders für Bedienabläufe, welche nicht den Erwartungen entsprechen, nicht so schnell bessern würde. Insgesamt ist an dieser Stelle also trotz einiger deutlich vorhandener Lerneffekte auch für erwartungskonträre Bedienabläufe aus den genannten Gründen deutlich davor zu warnen, diese Lerneffekte auch für das reale Leben in gleichem Ausmaß anzunehmen und die Notwendigkeit der Anpassung von Bedienabläufen an Benutzererwartungen zu unterschätzen.

Obwohl auch vom System abweichende mentale Modelle im Laufe der Bedienung durch positive und negative Transfereffekte an das konzeptuelle Modell des Systems angepasst werden, sind erwartungsgemäße Bedienabläufe insbesondere bei seltener Benutzung eines Gerätes leichter erlernbar.

#### **7.4 Geeignetes Abstraktionslevel für Analyse und Darstellung von mentalem und konzeptuellem Modell**

Möchte man Bedienabläufe entsprechend den Erwartungen von Benutzern gestalten, so ist es wichtig, diejenigen Kognitionen zu identifizieren, welche für das Bedienverhalten der Personen entscheidend sind. Dazu ist es zuerst nötig, herauszufinden, an welchen Stellen im Bedienablauf Entscheidungen über die nächste Handlung gefällt werden. Das ist an denjenigen Stellen der Fall, an welchen Benutzer neue Ziele für die jeweils nächsten auszuführenden Schritte formulieren. Mit Hilfe einer geeigneten Methodik wird es möglich

sein, die handlungsleitenden Kognitionen dieser Stellen zu ermitteln. In dieser Arbeit wurden daher zunächst in einer Aufgabenanalyse Bedienabläufe eines FIS in handlungspsychologisch sinnvolle Analyse-Einheiten, in Bedienhandlungen, unterteilt und als konzeptuelle Modelle in Form von Status-Übergangs-Diagrammen dargestellt. Grundlage hierfür waren die Definition einer Handlung als kleinste Tätigkeitseinheit mit eigenständigem Ziel nach Hacker (1986) und Volpert (1982), sowie die Taxonomie von Menüfunktionen nach Norman (1991). Die vorgenommene Einteilung ermöglichte es, die während der Bedienung von Benutzern gebildeten mentalen Modelle ebenfalls für die Ebene der Bedienhandlungen zu analysieren.

Mit *process tracing* wurden die handlungsleitenden mentalen Modelle für jede Bedienhandlung erhoben. Durch einen direkten Vergleich der empirisch ermittelten mentalen mit den konzeptuellen Modellen wurden die Benutzererwartungen an den handlungsentscheidenden Stellen im Bedienablauf deutlich und konnten ebenfalls als Status-Übergangs-Diagramme dargestellt werden. Abweichungen zwischen mentalen und konzeptuellen Modellen wurden danach beurteilt, auf welchen Gestaltungsaspekt sie sich bezogen. Ziel dabei war nicht, das Fehlverhalten näher zu beschreiben oder zu erklären, sondern zu entscheiden, ob die Erwartung gebunden war an eine spezifische Gegebenheit des Systems oder systemunabhängig. Die verwendeten Fehlerkategorien können auch für ähnliche Analysen anderer technischer Geräte eingesetzt werden. Durch Verwendung der gleichen Analyse-Ebene und Darstellungsform war es möglich, die ermittelten allgemeinen Benutzererwartungen direkt als konzeptuelles Modell darzustellen und als Grundlage für die Gestaltung von Bedienabläufen zu verwenden.

Zur Aufbereitung und inhaltlichen Auswertung der Denkprotokolle und anderen erhobenen Daten wurde eine detaillierte, mehrstufige Vorgehensweise gewählt und beschrieben. In der Praxis mag eine derartige Methodik zeitaufwendig und unökonomisch erscheinen, ein solch sorgfältiges Vorgehen ist jedoch zur lückenlos nachvollziehbaren Aggregation der Daten unerlässlich. Für die Praxis mag es eine Alternative sein, die Auswertung zu ökonomisieren, indem bspw. die Protokolle nicht transkribiert werden. Stattdessen könnten vom Versuchsleiter während der Bearbeitung der Aufgaben in den Videos und Logfiles Marker gesetzt werden an denjenigen Stellen, an denen eine Soll-Bedienung abgeschlossen ist und die nächste beginnt. Die jeweils ersten von den Benutzern ausgeführten Bedienoperationen wären so ein Indiz dafür, welche „Erwartungen“<sup>6</sup> die Benutzer jeweils hatten, Kommentare der Probanden würden auszugsweise ergänzend verwendet. So wäre ebenfalls eine Ermittlung der Häufigkeiten und damit der interindividuellen Übereinstimmung in



den ersten Bedienoperationen für eine Soll-Bedienhandlung möglich. Ziel eines solchen Vorgehens könnte allerdings lediglich die Ermittlung von Usability-Schwachstellen und Anzeichen für systemspezifische Optimierungsmöglichkeiten für ein bestehendes System sein. Denn ohne die genaue Analyse der Denkprotokolle ist schon die Identifizierung von Ist-Bedienhandlungen aus den im Logfile aufgezeichneten Bedienoperationen unmöglich. Ohne die Identifizierung der Ist-Bedienhandlungen allerdings ginge die Filterung der modellirrelevanten Bedienhandlungen und insgesamt der Bezug zur bewussten Zielstruktur einer Aufgabe verloren. Alle weiteren Analysen zur Darstellung der mentalen Modelle und zur Kategorisierung des Gestaltungsaspektes, bzgl. wessen ein mentales Modell ggf. vom Soll-Bedienpfad abweicht, bauen darauf auf. Somit wäre ohne die Identifizierung der Ist-Bedienhandlungen eine Ermittlung der systemunabhängigen Aspekte von Benutzererwartungen ebenfalls nicht möglich. Geht es darum, Usability-Schwachstellen aufzudecken, so sind Methoden zur *usability inspection*, wie z.B. *cognitive walkthrough* (Lewis & Wharton, 1997; Lewis, Polson, Wharton & Wilde, 1990; Polson, Lewis, Rieman & Wharton, 1992; Wharton, Rieman, Lewis & Polson, 1994), *Heuristische Evaluation* (z.B. Nielsen & Molich, 1990; Nielsen, 2001; Virzi, 1997) oder eine Probandenuntersuchung, in der lediglich Bedienzeit und Fehler gezählt werden, sicherlich effektiver als die hier eingesetzte Methodik. Jede dieser Methoden hätte zwar Usability-Probleme identifizieren können, jedoch für die problematischen Stellen keine empirisch basierten Informationen darüber geliefert, welche Erwartungen Benutzer stattdessen haben, wie hoch die interindividuelle Übereinstimmung in diesen Erwartungen ist und welche Aspekte systemübergreifend auch für andere Bedienkonzepte gelten. Mit der verwendeten Methodik gelang es dagegen, konzeptuelle Modelle als Empfehlungen für die Gestaltung der Bedienabläufe bestimmter Aufgaben zu erstellen, welche die zuvor verifizierten, allgemeinen, weil interindividuell überstimmenden und systemunabhängigen, Erwartungen von Benutzern an Bedienabläufe eines FIS repräsentieren.

Weiter könnte man einwenden, dass der Fokus dieser Arbeit sehr stark auf Abweichungen zwischen den Erwartungen der Benutzer und zwei einzelnen, unter vielen möglichen Systemen ausgewählten FIS läge. So seien die abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen eine Selektion solcher Bedienabläufe, welche bezüglich der hier verwendeten Serien-Geräte als Optimierung gelten können. Andere allgemeine Erwartungen von Benutzern, welche etwa mit beiden in Studien A und B verwendeten Geräten gut übereinstimmen, werden nur

---

<sup>6</sup> Hier nicht im Sinne eines mentalen Modells, sondern in der Bedeutung des allgemeinen Sprachgebrauchs gemeint.

ansatzweise erwähnt. Wären für Studien A und B andere Geräte verwendet worden, bspw. die eines anderen Herstellers, so hätten sich die Empfehlungen auf Erwartungen der Benutzer konzentriert, welche im Vergleich zu jenen Geräten als Optimierung erschienen.

Es ist richtig, dass notwendigerweise eine zahlenmäßige Begrenzung der dargestellten Gestaltungsempfehlungen stattgefunden hat. So wurden diejenigen Bedienabläufe ausgewählt, welche nach den Ergebnissen der Studien A und B von besonderem Interesse waren und welche außerdem Informationen zur Gestaltung von Bedienabläufen in der dritten Studie liefern. Gestaltungsempfehlungen für Bedienabläufe, welche in Systemen A und B mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen, würden einigen Lesern, insbesondere denjenigen, welche die Bedienabläufe der verwendeten Geräte gut kennen, wahrscheinlich trivial erscheinen. Es wurden daher diejenigen Gestaltungsempfehlungen dargestellt, welche auf Grund der zuvor geschilderten Ergebnisse am interessantesten erscheinen. Ihre Gültigkeit für Systeme mit anderen Bedienkonzepten wird nicht dadurch geschmälert, dass es genau diejenigen sind, welche in Systemen A und/ oder B nicht erfüllt sind.

Dies zeigt Studie C, in der die Anpassung von Bedienabläufen eines Prototypen an die allgemeinen Benutzererwartungen auf Basis dieser allgemeinen Gestaltungsempfehlungen erfolgte. Das konzeptuelle Modell für die optimierte Version des Prototypen wurde gegenüber der Basisversion so optimiert, dass es demjenigen in den Gestaltungsempfehlungen entsprach. Es war möglich, aus der abstrakten Darstellung der Regeln erfolgreich konkrete Veränderungen für das Menü abzuleiten, die später den vermuteten positiven Effekt auf Bedienleistung und Systembewertung hatten. Die Gestaltungsempfehlungen als konzeptuelle Modelle enthielten demnach die relevanten Aspekte, um auf ein konkretes Bedienkonzept angewendet zu werden. So ist die Optimierung von Bedienabläufen auf Basis der als Status-Übergangs-Diagramme dargestellten konzeptuellen Modelle gelungen.

Die Aufgabenanalyse wird in dieser Arbeit ähnlich wie im Ansatz der *yoked state space hypothesis* (Payne et al., 1990) ausgehend von der Perspektive des Gerätes durchgeführt. Später schreibt Payne (2003), dass eine Analyse der erforderlichen Schritte aus Sicht der Person und ihrer Erwartungen geeigneter ist, um eine Abhängigkeit der ermittelten Ergebnisse vom Gerät zu vermeiden. Sicherlich wären Erkenntnisse über erwartete Bedienabläufe ohne die Verwendung eines schon bestehenden Gerätes eindeutiger generalisierbar auf andere Geräte. So wäre es bspw. denkbar, mit Hilfe von Struktur-Layout-Techniken Vorstellungen von Personen zu erheben, welche als unabhängig von spezifischen Gegebenheiten einer speziellen Bedienoberfläche bestehen. Es ist allerdings zu vermuten, dass eine solche Vorgehensweise Aussagen über Bedienabläufe in größeren Einheiten als die hier gewählte Methodik lieferte und so die spätere Umsetzung der ermittelten Erwartungen in konkrete Bedienhandlungen und Menüfunktionen erschwert wäre.

Des Weiteren wäre es ohne konkretes Beispiel schwierig, die systemunabhängigen Aspekte wie Bezeichnungen, Menüstruktur und Mapping explizit zu benennen. Dennoch könnten folgende Untersuchungen mittels Struktur-Lege-Techniken oder Kartensotieraufgaben Erkenntnisse über die in größeren Teilzielen repräsentierte Vorstellung von Bedienabläufen liefern und so eine nützliche Ergänzung und Validierung zu den hier geschilderten Studien sein.

Eine Darstellung allgemeiner Benutzererwartungen in einem konzeptuellen Modell als handlungspsychologisch definiertes Zustands-Übergangs-Diagramm bietet ein geeignetes Abstraktionslevel, um die Bedienabläufe weiterer Systeme entsprechend diesen Erwartungen zu gestalten.

### **7.5 Positive Effekte der Gestaltung von Bedienabläufen nach Benutzererwartungen**

In dieser Arbeit wird erwartet, dass sich die Gestaltung von Bedienabläufen nach den Erwartungen von Benutzern positiv auf deren Bedienleistung und Bewertung des Gerätes auswirkt. Weiterhin wurden Vorteile für das Erlernen von solch angepassten Bedienabläufen und für ihre Benutzung in einer Doppel-Aufgaben-Situation erwartet. Die beiden ersten Studien hatten ergeben, dass durch systemspezifische Gestaltungsmaßnahmen die Bedienabläufe einzelner Systeme an die (systemspezifischen) Erwartungen der Benutzer angepasst und dadurch ein Großteil an Fehlbedienungen verhindert werden könnten. Hieraus würde vermutlich eine bessere Bedienleistung dieser Benutzer resultieren. In der zweiten Studie waren die Benutzer zufriedener mit denjenigen Aufgaben, deren konzeptuelles Modell gut mit ihren Erwartungen übereinstimmte, und beurteilten diese als weniger schwierig.

Um diese positiven Effekte weiter zu belegen, wurden in einer Evaluationsstudie Gestaltungsempfehlungen angewendet, welche auf den ermittelten allgemeinen Benutzererwartungen basieren, um Bedienabläufe eines Fahrerinformationssystems-Prototypen zu optimieren und gegenüber einer nicht optimierten, teilweise erwartungskonträren Basisversion zu evaluieren. Diese dritte Studie zeigt, dass die objektive Bedienleistung und subjektive Systembewertung durch Anpassung der Bedienabläufe an die Erwartungen erheblich verbessert werden können. Personen, welche bei der Bedienung eines Systems Bedienabläufe vorfinden, welche ihren Erwartungen entsprechen, brauchen weniger Zeit und führen weniger überflüssige Bedienhandlungen aus, als Personen, welche mit von ihren Erwartungen abweichenden Bedienabläufen konfrontiert werden. Für die optimierten Bedienabläufe benötigen Benutzer weniger Hilfestellungen und erreichen mit ihren Bedien-

leistungen schneller das optimale Leistungsniveau. Auch besteht eine geringere Interferenz zwischen einer Parallelaufgabe und der Bedienung von erwartungskonformen Bedienabläufen als mit Bedienabläufen, welche von den Erwartungen der Benutzer abweichen. Wenn also Bedienabläufe eines zu bedienenden Systems angepasst sind an die Erwartungen der Benutzer, so formen diese ein adäquates mentales Modell von der Funktionsweise des Systems und leiten daraus schneller korrekte Handlungen ab. Ihr adäquates mentales Modell ermöglicht es ihnen, mehr Aufmerksamkeitsressourcen für eine Parallelaufgabe bereit zu halten. Selbst wenn nach einigen Wiederholungen auch die nicht den mentalen Modellen entsprechenden Bedienabläufe von den Benutzern erlernt werden können, bleibt für diese Bedienabläufe die Zufriedenheit mit der Menüführung dauerhaft schlechter als bei den angepassten Bedienabläufen.

Das letztgenannte Ergebnis ist für Hersteller von Fahrerinformationssystemen von Interesse, denn die Zufriedenheit mit einem Produkt wird die Akzeptanz und so das weitere Kaufverhalten des Benutzers beeinflussen. Da die genauen Auswirkungen auf die einzelnen Dimensionen der Akzeptanz bei Benutzern nicht im Mittelpunkt der Fragestellungen dieser Arbeit standen, wurde lediglich das subjektive Maß der Zufriedenheit mit der Menüführung eindimensional auf einer fünfstufigen Skala erfasst. Dieses Maß bietet nicht die Möglichkeit, eine differenzierte Aussage über die genauen Auswirkungen auf Akzeptanz oder Kaufverhalten zu machen, sondern kann nur eine Tendenz angeben. Es scheint sich jedoch abzuzeichnen, dass selbst relativ kleine Veränderungen im Bedienablauf deutliche, überdauernde Auswirkungen auch auf ein globales Maß haben. Dies sollte Systementwickler ermutigen, gerade bei der Festlegung von Details der Bedienabläufe genau hinzuschauen, denn offenbar können diese Details einen großen Effekt bewirken. Eine weiterführende Studie, in welcher die Akzeptanz in mehreren Dimensionen erhoben würde, helfe genauer zu beantworten, wie z.B. mentale Modelle gezielt eingesetzt werden können, um die Akzeptanz von Bedienabläufen zu steigern. Ein erster Überblick schon erfolgter Forschungsarbeit zum Thema Akzeptanz findet sich z.B. bei Noy (1997).

Auch das zweite subjektive Maß der empfundenen Schwierigkeit einer Aufgabe wurde eindimensional auf einer fünfstufigen Skala gemessen. Für die subjektive Schwierigkeit als einziges der abhängigen Maße zeigte sich in der Evaluationsstudie insgesamt kein positiver Gesamteffekt durch die Anpassung der Bedienabläufe an die Benutzererwartungen. Insbesondere bei vorhandener Zusatzaufgabe scheint die subjektiv empfundene Schwierigkeit unabhängig davon zu sein, ob Benutzer erwartungskonforme oder erwartungskonträre Bedienabläufe vorfinden. Es ließe sich mutmaßen, dass das subjektive Schwierigkeitsempfinden für die Bedienabläufe von der als schwierig empfundenen Zusatzaufgabe überlagert wird und so die Schwierigkeitsbewertung der gesamten Aufgabe

bestimmt. In einer weiter führenden Studie sollte jedoch nicht nur die subjektiv empfundene Schwierigkeit getrennt für Primär- und Zusatzaufgabe erhoben werden, sondern ggf. weitere Beanspruchungsmaße mit einbezogen werden. Hierzu sei verwiesen auf die Untersuchungen von Waard (1996) zur *mental workload* während der Ausführung einer Fahraufgabe und Nebenaufgaben.

Eine geringe Ablenkung des Fahrers von der Fahraufgabe durch die Bedienung von FIS mit gut gestalteten Bedienoberflächen steht aus Sicherheitsgründen im Mittelpunkt des Interesses von Fahrzeugherstellern. Intensiv wird daher erforscht, durch welche Merkmale die Ablenkungswirkung reduziert werden kann. Hier sei erwähnt, dass durch eine kognitive Zusatzaufgabe, wie sie in der Evaluationsstudie verwendet wurde, natürlich noch keine genauen Aussagen zur Auswirkung verschiedener Bedienabläufe auf das Ausmaß der Ablenkung des Fahrers von der Fahraufgabe durch die Bedienung des FIS möglich sind. Es kann auf Basis der berichteten Ergebnisse eine positive Auswirkung der optimierten Bedienabläufe angenommen werden. Die geringere Interferenz mit einer Zusatzaufgabe lässt vermuten, dass erwartungskonforme Bedienabläufe die Ablenkung von der Fahraufgabe reduzieren. Allerdings war die hier verwendete Zusatzaufgabe nicht visueller Natur, womit die Ergebnisse zu Interferenzen nicht ohne weiteres auf die Fahrsituation generalisierbar sind. Um den positiven Effekt tatsächlich zu belegen, wäre eine weitere Studie mit den gleichen beiden Versionen des Prototypen denkbar, bei der bspw. in einem Fahrsimulator mit Hilfe des *lane change task* (Mattes, 2003) die Ablenkung von der Fahraufgabe gemessen würde.

Die Anpassung von Bedienabläufen an allgemeine Benutzererwartungen hat positiven Einfluss auf die objektive Bedienleistung und subjektive Systembewertung der Benutzer.

Fazit: Diese Arbeit beleuchtet die Bedeutung von mentalen Modellen für die Gestaltung von Bedienabläufen. Die erzielten Ergebnisse sind in ihrer praktischen Anwendung für die Entwickler von Bedienabläufen für Fahrerinformationssysteme und andere technische Geräte relevant. Die gewählte Herangehensweise liefert Antworten auf die zu Beginn geschilderten Fragestellungen. Eine Beantwortung der in diesem Kapitel aufgezeigten weiter führenden Forschungsfragen würde das Bild der positiven Auswirkungen der Gestaltung von Bedienabläufen nach allgemeinen Benutzererwartungen auf die Gebrauchstauglichkeit eines Gerätes vervollständigen.

## Literaturverzeichnis

- Bailey, B. (1999). Breadth vs. depth 1; breadth vs. depth 2. *Human Factors International: UI Design Newsletter* [Internet-Dokument]. Available: <http://www.humanfactors.com/downloads/mar99.asp> (10-5-2005)
- Bainbridge, L., Lenior, T. M. J., & Schaaf, T. W. v. d. (1993). Cognitive processes in complex tasks: Introduction and discussion. *Ergonomics*, 36, 1273-1279.
- Bay, S. & Ziefle, M. (2003). Performance in mobile phones: Does it depend on proper cognitive mapping? In D. Harris et al. (Hrsg.), *Human Centered Computing. Cognitive, Social, and Ergonomic Aspects* (S. 170-174). Mahwah, NJ: LEA.
- Bayman, P. & Mayer, R. E. (1983). A diagnosis of beginning programmers' misconceptions of BASIC programming statements. *Communications of the ACM*, 26, 677-679.
- Bechstedt, U., Bengler, K., & Thüring, M. (2005). Die Entwicklung idealtypischer Nutzermodelle mit Hilfe von GOMS für die Eingabe alphanumerischer Zeichen in Fahrerinformations- und Assistenzsysteme. In 6. *Berliner Werkstatt Mensch-Maschine Systeme "Zustandserkennung und Systemgestaltung"* Berlin: ZMMS.
- Benysh, D. V., Koubek, R. J., & Calvez, V. (1993). A comparative review of knowledge structure measurement techniques for interface design. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 5, 211-237.
- Bernard, M. L. (2002). Examining the effects of hypertext shape on user performance. *Usability News* [Internet-Dokument]. Available: <http://psychology.wichita.edu/surl/usabilitynews/42/hypertext.htm> (2-5-2004)
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Brauner, E. (1994). *Soziale Interaktion und mentale Modelle. Planungs- und Entscheidungsprozesse in Planspielgruppen*. Münster: Waxmann.
- Brinkmann, J. A. (1993). Verbal protocol accuracy in fault diagnosis. *Ergonomics*, 36, 1381-1397.
- Bubb, H. (2003). Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit? In Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.), *Der Fahrer im 21. Jahrhundert* (S. 25-44).
- Bullinger, H.-J., Fähnrich, K.-P., & Janssen, C. (1996). Beschreibungskonzept für Dialogabläufe bei graphischen Benutzungsschnittstellen. *Informatik - Forschung und Entwicklung*, 11, 84-93.
- Cannon-Bowers, J. A. & Salas, E. (2001). Reflections on shared cognition. *Journal of Organizational Behavior*, 22, 195-202.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1980). The keystroke level model for user performance time with interactive systems. *Communications of the ACM*, 23, 396-410.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Carroll, J. M. & Olson, J. R. (1988). Mental models in human-computer interaction. In M. Helander (Hrsg.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (S. 45-65). North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V.
- Chae, M. & Kim, J. (2004). Do size and structure matter to mobile users? An empirical study of screen size, information structure, and task complexity on user activities with standard web phones. *Behavior and Information Technology*, 23, 165-181.
- Cooke, N. J. (1999). Knowledge elicitation. In F. T. Durso et al. (Hrsg.), *Handbook of Applied Cognition* (S. 479-506). John Wiley & Sons Ltd.
- Cooke, N. J. & Rowe, A. L. (1997). Measurements of mental models: A synthesis of evaluative data. *Training Research Journal*, 3, 185-207.
- Cordingley, E. S. (1989). Knowledge elicitation techniques for knowledge-based systems. In D. Diaper (Hrsg.), *Knowledge Elicitation: Principles, Techniques and Application* (Chichester, England: Ellis Horwood Ltd.
- Cranach, M. v., Kalbermatten, U., Indermühle, K., & Gugler, B. (1980). *Zielgerichtetes Handeln*. Stuttgart: Huber.
- Dutke, S. (1994). *Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens*. Stuttgart: Verlag für Angewandte Psychologie.
- Dzida, W. (1983). Das IFIP-Modell der Benutzerschnittstelle. *Office Management, Sonderheft Software Ergonomie*, 31, 6-8.
- Dzida, W. (1987). On tools and interfaces. In M. Frese, E. Ulich, & W. Dzida (Hrsg.), *Psychological Issues of Human-Computer Interaction in the Work Place* (S. 339-355). North-Holland: Elsevier Science Publishers B. V.
- Dzida, W. (1988). Modellierung und Bewertung von Benutzerschnittstellen. *Software Kurier*, 1, 13-28.
- Eberts, R. (1994). *User Interface Design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- EN ISO 13407 (1999). *Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme*.
- EN ISO 9241-10 (1996). *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten*.
- Endsley, M. R. (1995a). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 65-84.
- Endsley, M. R. (1995b). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32-64.
- Endsley, M. R. (2000). Situation Models: An Avenue to the Modeling of Mental Models. *satechnologies* [Internet-Dokument]. Available: <http://www.satechnologies.com/Papers/pdf/HFES2000-mentalmodels.pdf> (12-10-2006)
- Ericsson, H. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal protocols as data*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Frese, M. & Zapf, D. (1991). Fehlersystematik und Fehlerentstehung: Ein theoretischer Überblick. In M. Frese (Hrsg.), *Fehler bei der Arbeit mit dem Computer* (S. 14-31). Bern: Huber.
- Geisser, S. & Greenhouse, S. W. (1958). An extension of Box's results on the use of F-distribution in multivariate analysis. *Annals of Mathematical Statistics*, 29, 885-891.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (1983). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gerdes, H. (2000). Geräte-Design. *Perzept Informationsdesign* [Internet-Dokument]. Available: <http://www.perzept.de/geraete.pdf>
- Gray, S. H. (1990). Using protocol analysis and drawings to study mental model construction during hypertext navigation. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2, 359-377.
- Guski, R. (2006). Theorien und Befunde zur geteilten Aufmerksamkeit. *Institut für Psychologie der Ruhr-Universität Bochum* [Internet-Dokument]. Available: <http://eco.psy.ruhr-uni-bochum.de/download/AllgPsy1/Einfuehr10/Einfue10.pdf> (7-10-2006)
- Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Hacker, W. (1994a). Action theory and occupational psychology. Review of German empirical research since 1987. *The German Journal of Psychology*, 18, 91-120.
- Hacker, W. (1994b). Arbeits- und organisationspsychologische Grundlagen der Software-Ergonomie. In E. Eberleh, H. Oberquelle, & R. Oppermann (Hrsg.), *Einführung in die Software-Ergonomie* (S. 53-93). Berlin, New York: De Gruyter.
- Hassebrock, F. & Prietula, M. J. (1992). A protocol based coding scheme for the analysis of medical reasoning. *International Journal of Man-Machine Studies*, 37, 613-652.
- Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln*. Berlin: Springer.
- Hellier, E., Edworthy, J., & Lee, A. (2001). An analysis of human error in the analytical measurement task in chemistry. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 5, 445-458.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R. (1986). *Induction*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Howes, A. & Young, M. R. (1996). Learning consistent, interactive, and meaningful task-action mappings: A computational model. *Human-Computer Interaction*, 20, 301-356.
- Ilg, R. & Ziegler, J. (1987). Interaktionstechniken. In K.-P. Fährnrich (Hrsg.), *Software-Ergonomie, State of the Art No.5* (S. 106-117). München: Oldenbourg.
- Jacko, J. A., Salvendy, G., & Koubek, R. J. (1995). Modelling of menu design in computerized work. *Interacting with Computers*, 7, 304-330.



- Jahn, G., Krems, J., & Gelau, C. (2002). Skill-development when interacting with in-vehicle information systems: A training study on the learnability of different MMI concepts. In D. d. Waard et al. (Hrsg.), *Human Factors in Transportation, Communication, Health, and the Workplace* (S. 35-48). Maastricht, the Netherlands: Shaker.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: University Press.
- Kiefer, J., Schulz, M., Schulze-Kissing, D., & Urbas, L. (2006). Multitasking-Strategien in der Mensch-Maschine-Interaktion. *MMI-Interaktiv*, 11, 26-42.
- Kieras, D. E. (1988). Towards a practical GOMS model methodology for user interface design. In M. Helander (Hrsg.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (S. 135-157). North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V.
- Kieras, D. E. (1997). A guide to GOMS model usability evaluation using NGOMSL. In M. Helander (Hrsg.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (S. 733-766). Amsterdam: Elsevier.
- Kieras, D. E. & Bovair, S. (1984). The role of a mental model in learning to operate a device. *Cognitive Science*, 8, 255-273.
- Kieras, D. E. & Polson, P. G. (1985). An approach to the formal analysis of user complexity. *International Journal of Man-Machine Studies*, 22, 365-394.
- Kleer, J. d. & Brown, J. S. (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Hrsg.), *Mental Models* (S. 155-190). Hillsdale: Erlbaum.
- Klimoski, R. & Mohammed, S. (1994). Team mental model: Construct or metaphor. *Journal of Management*, 20, 403-437.
- Kluwe, R. H. & Haider, H. (1990). Modelle zur internen Repräsentation komplexer technischer Systeme. *Sprache & Kognition*, 9, 173-192.
- Langan-Fox, J., Code, S., & Langfield-Smith, K. (2000). Team mental models: Techniques, methods, and analytical processes. *Human Factors*, 42, 242-271.
- Larson, K. & Czerwinski, M. (1998). Web page design: Implications of memory, structure and scent for informations retrieval. In *Proceedings of CHI 98* (pp. 25-32). New York, NY: ACM.
- Lewis, C., Polson, P. G., Wharton, C., & Wilde, N. (1990). Testing a walkthrough methodology for theory-based design of walk-up-and-use interfaces. In *Proceedings of CHI 1990* (pp. 235-242). New York: ACM.
- Lewis, C. & Wharton, C. (1997). Cognitive Walkthroughs. In M. Helander, T. K. Landauer, & P. Prabhu (Hrsg.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (Auflage 2nd, S. 717-732). New York: Elsevier.
- Mattes, S. (2003). The Lane-Change Task as a tool for driver distraction evaluation. In H. Strasser et al. (Hrsg.), *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future/Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft* (S. 57-60). Stuttgart: Ergonomia Verlag.

- Miller, C. S. & Remington, R. W. (2000). A computational model of web navigation: Exploring interactions between hierarchical depth and link ambiguity. *Proceedings of The 6th Conference on Human Factors and the Web* [Internet-Dokument]. Available: <http://facweb.cs.depaul.edu/cmiller/articles/article.html> (7-4-2006)
- Miller, C. S. & Remington, R. W. (2002). Effects of structure and label ambiguity on information navigation. *Proceedings of CHI 2002: Human Factors in Computing Systems* [Internet-Dokument]. Available: <http://facweb.cs.depaul.edu/cmiller/eval/chi2002.pdf> (7-3-2006)
- Miller, D. P. (1981). The depth/ breadth tradeoff in hierarchical computer menus. In *Proceedings of the Human Factors Society - 25th Annual Meeting* (pp. 296-300). Santa Monica: Human Factors Society.
- Miller, G. (1956). The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Mohammed, S. & Dumville, B. C. (2001). Team mental models in a knowledge framework: Expanding theory and measurement across disciplinary boundaries. *Journal of Organizational Behavior*, 22, 89-106.
- Moray, N. (1997). Models of models of ... mental models. In T. B. Sheridan & T. van Lunteren (Hrsg.), *Perspectives on the Human Controller* (S. 271-285). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nielsen, J. (1990). A meta-model for interacting with computers. *Interacting with Computers*, 2, 147-160.
- Nielsen, J. (2001). *Usability Engineering*. San Diego: Kaufmann.
- Nielsen, J. & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the ACM CHI '90 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 249-256.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Hrsg.), *Mental Models* (S. 7-14). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Norman, D. A. (1984). Stages and levels in human-machine interaction. *Journal of Human-Machine Studies*, 21, 365-375.
- Norman, D. A. (1989). *Dinge des Alltags. Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände*. Campus Verlag GmbH.
- Norman, D. A. (1999). *The psychology of everyday things*. New York: Basic Books.
- Norman, K. L. (1991). *The psychology of menu selection: Designing cognitive control at the human/ computer interface*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Norman, K. L. & Chin, J. (1988). The effect of tree structures on search in a hierarchical menu selection system. *Behavior and Information Technology*, 7, 51-65.

- Noy, Y. (1997). *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Oberquelle, H. (1994). Formen der Mensch-Computer Interaktion. In E. Eberleh, H. Oberquelle, & R. Opperman (Hrsg.), *Einführung in die Software-Ergonomie* (S. 95-143). Berlin, New York: De Gruyter.
- Olson, J. R. (1987). Cognitive analysis of people's use of software. In J. Carroll (Hrsg.), *Interfacing Thought: Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction* (Cambridge, MA: Bradley Books / MIT Press).
- Olson, J. R. & Olson, G. M. (1990). The growth of cognitive modelling in human-computer interaction since GOMS. *Human-Computer Interaction*, 3, 309-349.
- Patrick, J., Gregov, A. D., Halliday, J., & O'Reilly, S. (1999). Analysing operator's diagnostic reasoning during multiple events  
86. *Ergonomics*, 42, 493-515.
- Payne, S. J. (2003). User's mental models: The very idea. In J. Carroll (Hrsg.), *HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science* (S. 135-156). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Payne, S. J. & Green, T. R. G. (1983). Task-action Grammars: A model of the mental representation of task languages. *Human-Computer Interaction*, 2, 93-133.
- Payne, S. J., Squibb, H. R., & Howes, A. (1990). The nature of device models: The Yoked State Space Hypothesis and some experiments with text editors. *Human-Computer Interaction*, 5, 415-444.
- Petri, C. I. (1980). Introduction to general net theory. In W. Bauer (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science 'Net Theory and Applications'* (S. 1-19). Berlin: Springer.
- Pirolli, P. (1997). Computational models of information scent-following in a very large browsable text collection. In S. Pemberton (Ed.), *Proceedings of the CHI '97 Conference: Human Factors in Computing Systems* (pp. 3-10). New York: ACM.
- Pirolli, P. (1999). Cognitive engineering models and cognitive architectures in human-computer interaction. In F. T. Durso et al. (Hrsg.), *Handbook of Applied Cognition* (S. 443-477). John Wiley & Sons Ltd.
- Pirolli, P. & Card, S. K. (1998). Information foraging models of browsers for very large document spaces. In *Proceedings of the Advanced Visual Interfaces Workshop, AVI '98* (pp. 83-93).
- Polson, P. G., Lewis, C., Rieman, J., & Wharton, C. (1992). Cognitive Walkthroughs: A method for theory-based evaluation of user interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 741-773.
- Praxenthaler, M. (2003). *Experimentelle Untersuchung zur Ablenkungswirkung von Sekundäraufgaben während zeitkritischer Fahrsituationen*. Universität Regensburg.

- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Man, System, and Cybernetics*, SMC-13, 257-266.
- Rauch, N., Totzke, I., & Krüger, H.-P. (2004). Kompetenzerwerb für Fahrerinformationssysteme: Bedeutung von Bedienkontext und Menüstruktur. In *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme* (S. 303-322). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Rauterberg, M. (1995). From novice to expert decision behavior: A qualitative modelling approach with Petri Nets. In Y. Anzai, K. Ogawa, & H. Mori (Hrsg.), *Symbiosis of HUMAN and Artifact: Human and Social Aspects of Human-Computer Interaction* (S. 449-454). Amsterdam: Elsevier.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Resnick, M. L. & Sanchez, J. (2004). Effects of organizational scheme and labelling on task-performance in product-centered and user-centered retail web sites. *Human Factors*, 46, 104-117.
- Rohrmann, B. (1978). Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 9, 222-245.
- SAE International (2002). *Calculation of the time to complete in-vehicle navigation and route guidance tasks* (Technischer Bericht Nr. J2365). USA: Society for Automotive Engineers, Inc.
- Sanderson, P. M., Verhage, A. G., & Fuld, R. B. (1989). State-space and verbal protocol methods for studying the human operator in process control. *Ergonomics*, 32, 1372.
- Sasse, M. A. (1997). *Eliciting and describing users' models of computer systems*. PhD Thesis University of Birmingham.
- Schattenberg, K. (2002). *Fahrzeugführung und gleichzeitige Nutzung von Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen*. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
- Schröder, S. & Ziefle, M. (2005). Semantic transparency of cellular phone menu. Comparing users from different age groups. In B. Fisseni et al. (Hrsg.), *Computer Studies in Language and Speech* (S. 302-315). Frankfurt: Lang.
- Shadbolt, N. R. & Burton, A. M. (1990). Knowledge elicitation. In J. Wilson & N. Cortlett (Hrsg.), *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology* (S. 321-346). London: Taylor & Francis.
- Snowberry, K., Parkinson, S. R., & Sisson, N. (1983). Computer display menus. *Ergonomics*, 26, 699-712.
- Straub, K. & Schaffer, E. (2003). Breadth vs. depth. *Human Factors International: UI Design Newsletter* [Internet-Dokument]. Available: <http://www.humanfactors.com/downloads/apr03.asp> (10-5-2005)

- Straub, K. & Schaffer, E. (2005). Making it findable. *Human Factors International: UI Design Newsletter* [Internet-Dokument]. Available: <http://www.humanfactors.com/downloads/apr05.asp> (7-4-2005)
- Swain, A. & Guttman, H. (1983). *A handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications NUREG/CR-1278*. Washington DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission.
- Theofanou, D. (2002). *Maße zur Erfassung von visueller Aufmerksamkeit bei verschiedenen komplexen Streckenabschnitten*. Universität Regensburg.
- Totzke, I., Meilinger, T., & Krüger, H.-P. (2003). Erlernbarkeit von Menüsystemen im Fahrzeug - mehr als "nur" eine Lernkurve. In *Der Fahrer im 21. Jahrhundert* (S. 171-195). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Totzke, I., Rauch, N., & Krüger, H.-P. (2003). Kompetenzerwerb und Struktur von Menüsystemen im Fahrzeug: "Breiter ist besser?". In C. Steffens, M. Thüning, & L. Urbas (Hrsg.), *Entwerfen und Gestalten: 5. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme* (S. 226-249). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Totzke, I., Schoch, S., & Krüger, H.-P. (2006). Fehleinschätzung von Zeit als Ursache für Ablenkungseffekte beim Fahren: Bedeutung von Menüstruktur und visuellen Anforderungen. *MMI-Interaktiv*, 11, 58-74.
- Tschöpe, G. J. & Nitsche, J. (2002). Instruktionen und Usability: Empirische Untersuchung anhand eines Tools für Entwickler. In W. Herczeg, W. Prinz, & H. Oberquelle (Hrsg.), *Vom interaktiven Werkzeug zu kooperativen Arbeits- und Lernwelten* (S. 235-244). Stuttgart: Teubner.
- Van der Veer, G. C. & Wijk, R. (1991). Teaching a spreadsheet application - visual-spatial metaphors in relation to spatial ability and the effect on mental models. In M. J. Tauber & P. Gorny (Hrsg.), *Visualization in Human-Computer Interaction* (S. 194-208). Berlin: Springer.
- Virzi, R. A. (1997). Usability inspection methods. In M. Helander (Hrsg.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (S. 705-715). Amsterdam: Elsevier.
- Volpert, W. (1982). The model of the hierarchical-sequential organization of action. In W. Hacker, M. v. Cranach, & W. Volpert (Hrsg.), *Cognitive and Motivational Aspects of Actions* (Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- Waard, D. d. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Dissertation Traffic Research Center, University of Groningen, Haren.
- Wandke, H. (1992). Models in human-computer interaction: Application and verification problems. *Zeitschrift für Psychologie*, 2, 105-119.
- Wandmacher, J. (1993). *Software-Ergonomie*. Berlin: De Gruyter.
- Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C., & Polson, P. G. (1994). The Cognitive Walkthrough Method: A practitioner's guide. In J. Nielsen & R. L. Mack (Hrsg.), *Usability Inspection Methods* (S. 105-140). New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Wilson, M. (2001). Theory and practice from cognitive science. In C. Stephanidis (Hrsg.), *User Interfaces for All: Concepts, Methods, and Tools* (S. 137-164). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zaphiris, P. (2000). Depth vs. breadth in the arrangement of web links. In *Proceedings of the Human Factors Ergonomic Society Annual Meeting 2000* (pp. 139-144).
- Zaphiris, P. & Mtei, L. (1997). Depth vs. breadth in the arrangement of web links. *SHORE - Student HCI Online Research Experiments* [Internet-Dokument]. Available: <http://otal.umd.edu/SHORE/bs04/index.html> (7-4-2006)

## Abkürzungsverzeichnis

ADR	Akustische Fahrhinweise/ Navigationshinweise ( <i>acoustic driving recommendations</i> )
BV	Basisversion (der Simulation in Studie C)
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
EWAB	<i>Eight way arrow button</i> (Tastengruppierung mit Pfeiltasten und OK-Taste)
FAS	Fahr(er)assistenzsystem/-e
FIS	Fahr(er)informationssystem/-e
HCI	Human Computer Interaction
HMI	Human Machine Interaction
HK	Hardkey
Pb	Proband
Pbn	Probanden
OV	Optimierte Version (der Simulation in Studie C)
Schwi	(subjektive) Schwierigkeit
SK	Softkey
ZBE	zentrales Bedienelement
ZE	Zieleingabe
ZF	Zielführung
Zufr	Zufriedenheit

## Glossar

Abweichungs-Indikatoren	Schwellwerte für bestimmte aus den Denkprotokollen extrahierte Parameter, die in dieser Arbeit zur Identifizierung von bedeutsamen Abweichungen zwischen erwartetem und implementiertem Bedienablauf definiert wurden
Applikation	Funktionsbereich in einem menügesteuerten Gerät, welcher über ein eigenes Grundmenü verfügt, z.B. „Navigation“, „Telefon“ in einem FIS
Bedienhandlung	Eine Bedienhandlung ist in dieser Arbeit definiert als eine Sequenz von Bedienoperationen, mit der eine der Menüfunktionen nach Norman (1991) ausgelöst/ aktiviert/ bestätigt wird.
Bedienkonzept	Mit dem Bedienkonzept eines Gerätes ist in dieser Arbeit die Art und Positionierung aller verfügbaren Hardware-Bedien- und Anzeigeelemente gemeint, sowie grundsätzliche festgelegte, allgemeine Aspekte des Menü-Aufbaus.
Bedienpfad	Sequenz von Bedienhandlungen, die an einem Gerät ausgeführt werden können
Editierspeller	Menü, in dem Buchstaben und andere Zeichen zur freien Eingabe in dafür vorgesehene, zum gleichen Zeitpunkt ebenfalls sichtbare Datenfelder verfügbar sind
Handlung	kleinste psychologische, in sich geschlossene, zielgerichtete Einheit einer Tätigkeit, welche sich durch ein Ziel von anderen Handlungen abgrenzt (Hacker, 1986)
Hardkey	Taste mit fest zugeordneter Funktion
Ist-Bedienhandlung	Als Ist-Bedienhandlungen werden diejenigen Bedienhandlungen bezeichnet, welche von einer Person während der Bearbeitungsphase einer Aufgabe ausgeführt wurden.
Ist-Bedienpfad	Der von einer Person zur Bearbeitung einer Bedienaufgabe tatsächlich gewählte Bedienpfad
Konzeptuelles Modell	Formale Beschreibung der Funktionsweise eines Systems oder eines Ausschnitts aus einem System, welche Informationen über Systemzustände und die Übergänge zwischen verschiedenen Systemzuständen beinhaltet. Erfolgt die Darstellung eines konzeptuellen Modells, wie in dieser Arbeit, für einzelne Bedienaufgaben, so beschreibt dieses Modell den Soll-Bedienablauf einer Aufgabe.
Kombi-instrument	Kombinierte Anzeigetafel im Fahrzeugcockpit, welche sich direkt vor dem Fahrer befindet und wichtige Anzeigen zum Zustand des Fahrzeugs enthält, z.B. Geschwindigkeit (Tachometer), Drehzahl, Füllstand des Tanks, Kühlwassertemperatur, Warnleuchten und Warnhinweise.
Logfile	Mit Hilfe des Computers erfolgte, chronologische Aufzeichnung von Ereignissen, hier im Speziellen von Bedienoperationen
longpress	Eine Taste/ ein Bedienelement wird lang gedrückt, wobei eine versteckte Funktion ausgelöst wird, welche sich von der Funktion der Taste bei kurzem Drücken unterscheidet.



Mentales Modell	Erwartung über die Funktionsweise und Bedienung eines konkreten Gerätes, welche ein Benutzer während des Bedienprozesses in einer bestimmten Situation in Abhängigkeit von der Aufgabe aus seinem Vorwissen und Anhaltspunkten des Systems ableitet; situationsabhängige Instantiierung von im Langzeitgedächtnis gespeichertem, schematischem Wissen (Dutke, 1994)
Menü(-punkt)-Bezeichnungen	Bezeichnungen für einzelne Menüpunkte, andere Menüelemente oder Beschriftungen von Tasten, können aus Worten und/ oder Symbolen bestehen; in dieser Arbeit relevant als Merkmal für die Systemunabhängigkeit von Benutzererwartungen
Menüfeld	Teil des auf dem Display dargestellten Menüs
Menüstruktur	Aufbau eines Menüs, umfasst hierarchische Anordnung, Querverbindungen auf unteren Ebenen, sowie die sich für den Bedienablauf einer Aufgabe ergebende Reihenfolge
Operation	Teil einer Handlung, erfüllt nicht eigenständig ein Ziel. Mehrere Operationen bilden eine Handlung.
shortpress	Eine Taste/ ein Bedienelement wird kurz gedrückt und so die Funktion dieser Taste ausgelöst.
Softkey	Feststehende Taste, deren Funktion sich in verschiedenen Menüs in Abhängigkeit von der zugehörigen, variabel angezeigten Beschriftung ändert.
Soll-Bedienablauf	Der für eine Aufgabe im System implementierte Bedienablauf
Soll-Bedienhandlung	Als Soll-Bedienhandlungen werden diejenigen Bedienhandlungen bezeichnet, die notwendig sind, um eine Aufgabe wie im System implementiert auszuführen.
Soll-Bedienpfad	Sequenz von Soll-Bedienhandlungen, die für die Bearbeitung einer Aufgabe nötig sind.
Speller	Auf dem Bildschirm dargestelltes Menüfeld, in dem Buchstaben/ Ziffern/ Zeichen ausgewählt werden können.
Suchspeller	Menü, in dem Buchstaben und andere Zeichen zur Eingabe in dafür vorgesehene, zum gleichen Zeitpunkt ebenfalls sichtbare Datenfelder verfügbar sind. Bei der Eingabe der einzelnen Zeichen findet ein Abgleich mit einer dahinter liegenden Datenbank statt, so dass nur jeweils die noch in Frage kommenden Zeichen im Speller verfügbar sind.
T-Struktur	Beschreibung für die (räumliche) Aufteilung eines Menüs, welches sich in eine (horizontale) Titelzeile und eine (vertikale) Liste weiterer Menüelemente gliedert
Timeout	Zeit ohne Benutzereingabe, nach welcher das System von alleine eine bestimmte Aktion oder Reaktion ausführt (z.B. Schließen eines Menüs)
Zentrales Bedienelement	Dient zur Menüsteuerung, insbesondere zur Steuerung des Cursors, und damit zur An- und Auswahl von Menüoptionen. Kann unterschiedlich gestaltet sein, z.B. Pfeiltasten mit OK-Taste oder Joystick.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Versuchsaufbau für Studien A und B, wurde an das jeweils verwendete FIS angepasst.....	42
Abbildung 3-2: Probanden-Perspektive auf die Versuchsanordnung in Studie A.....	42
Abbildung 3-3: System A (schematische Darstellung).....	43
Abbildung 3-4: Erwartungen der Probanden beim Speichern einer Telefonnummer aus einer Anrufliste, Studie A; n=11 .....	61
Abbildung 3-5: Erwartungen der Probanden an die Menü-Zuordnung der SMS-Funktion, Studie A; n=12 .....	62
Abbildung 3-6: Erwartungen der Probanden an die Menü-Zuordnung der Adressbuch-Funktion, Studie A; n=34 .....	63
Abbildung 3-7: Erwartungen der Probanden an den Wechsel zum nächsten Eingabefeld beim Verfassen einer SMS-Nachricht, Studie A; n=11 .....	64
Abbildung 3-8: Erwartungen der Probanden bei der manuellen Anwahl eines bestimmten CD-Titels, Studie A; n=12.....	64
Abbildung 3-9: Erwartungen der Probanden bei der Beendigung eines Telefongesprächs, Studie A; n=11 .....	65
Abbildung 3-10: Erwartungen der Probanden beim Abspeichern eines Radiosenders, Studie A; n=11 .....	66
Abbildung 3-11: Erwartungen der Probanden beim Springen zum nächsten CD-Titel, Studie A; n=34.....	67
Abbildung 3-12: Lerneffekt für die vom System abweichende Erwartung „zurück statt löschen“ beim Korrigieren von Tippfehlern in System A; Anteil der Probanden, welche diese Erwartung hatten .....	68
Abbildung 3-13: Anzahl der ausgeführten Bedienhandlungen für die erste und zweite Speicherhandlung, getrennt nach Gruppen.....	69
Abbildung 4-1: Probanden-Perspektive auf die Versuchsanordnung in Studie B .....	79
Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des abgesetzten Bedienfeldes des System B (Mittelarmlehne) .....	80
Abbildung 4-3: Erwartungen der Probanden beim Speichern eines Radiosenders, System B; n=19 .....	91
Abbildung 4-4: Erwartungen der Probanden beim Einlegen einer CD, System B; n=20.....	91
Abbildung 4-5: Erwartungen der Probanden bei der direkten Titelwahl, System B; n=19.....	92
Abbildung 4-6: Erwartungen der Probanden beim Wechsel zum nächsten Eingabefeld, Aufgabe „Navigationsziel speichern“, System B; n=13.....	93
Abbildung 4-7: Erwartungen der Probanden beim Wechsel zum nächsten Eingabefeld, Aufgabe „Adressbucheintrag anlegen“, System B; n=20.....	93
Abbildung 4-8: Anteil an Probanden, welche beim Wechsel zum nächsten Eingabefeld in verschiedenen Aufgaben in Studie B keinen Fehler machen.....	94
Abbildung 4-9: Erwartungen der Probanden bei der Auswahl des Ortsteils, System B; n=20 .....	94

Abbildung 4-10: Anzahl der zum Öffnen des Obermenüs „Tel“ benötigten Bedienhandlungen für alle Aufgaben, bei denen diese Bedienhandlung vorkam .....	95
Abbildung 4-11: Erwarteter und implementierter Bedienablauf für das Öffnen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht, System B; n=20 .....	96
Abbildung 4-12: Erwartungen der Probanden beim Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch, System B; n=15.....	97
Abbildung 4-13: Erwarteter und implementierter Bedienablauf für das Löschen eines Eintrages aus dem Adressbuch, System B; n=15 .....	98
Abbildung 5-1: Allgemeine Benutzererwartung für das Abspeichern eines Radiosenders in einem FIS .....	109
Abbildung 5-2: Allgemeine Benutzererwartung für das Öffnen einer neu eingegangenen SMS-Nachricht in einem FIS .....	110
Abbildung 5-3: Allgemeine Benutzererwartung für das Löschen eines Adressbucheintrags aus einem FIS .....	111
Abbildung 5-4: Allgemeine Benutzererwartung für das Öffnen der Funktionsbereiche Adressbuch und SMS in einem FIS .....	112
Abbildung 5-5: Allgemeine Benutzererwartung für das Ausfüllen eines Formulars in einem FIS .....	113
Abbildung 5-6: Allgemeine Benutzererwartung für den Teil „Daten eingeben“ beim Ausfüllen eines Formulars in einem FIS .....	114
Abbildung 5-7: Allgemeine Benutzererwartung für das Führen eines Telefongespräches an einem FIS .....	114
Abbildung 5-8: Allgemeine Benutzererwartung an das Abspielen einer CD in einem FIS .....	115
Abbildung 6-1: Versuchsanordnung Studie C aus Probanden-Perspektive .....	117
Abbildung 6-2: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) des Einstellungs-/Speicheremenüs zum Speichern eines Radiosenders in System C .....	121
Abbildung 6-3: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) des Telefon-Grundmenüs zum Öffnen einer neu eingegangenen SMS in System C.....	121
Abbildung 6-4: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) des Adressbuch-Editier-Menüs zum Anlegen eines neuen Eintrags in System C.....	122
Abbildung 6-5: Basis- und optimierte Version (links bzw. rechts) der Detail-Ansicht eines Adressbucheintrages zum Löschen desselben in System C.....	122
Abbildung 6-6: Bedienerfolg der Probanden für die Basis- und die optimierte Version in Studie C ( $N_{BV}=22$ ; $N_{OV}=22$ ) .....	127
Abbildung 6-7: Hilfen des Versuchsleiters, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C .....	127
Abbildung 6-8: Bedienzeiten, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C.....	128
Abbildung 6-9: Bedieneffektivität, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C.....	129
Abbildung 6-10: Zufriedenheit mit der Menüführung, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C.....	130
Abbildung 6-11: Subjektive Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit, gemittelt über die Probanden, für die Basis- und die optimierte Version in Studie C.....	131
Abbildung 7-1: Beispiel aus dem Vorerfahrungsfragebogen, verwendet in Studien A, B und C; Bsp. für schnurloses Festnetz-Telefon .....	185

Abbildung 7-2: Skalen zur Erhebung von subjektiver Schwierigkeit und Zufriedenheit in den Studien B und C; Bsp. für die Aufgabe „Eintrag löschen“ .....	186
Abbildung 7-3: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die letzten beiden Soll-Bedienhandlungen der Aufgabe TelNrSp in System A (Nr. 1 in Tabelle 7-6) .....	199
Abbildung 7-4: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Aufgabe SMSöff in System A (Nr. 2 in Tabelle 7-6) ....	199
Abbildung 7-5: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Aufgabe ABNeu in System A (Nr. 3, 9 und 16 in Tabelle 7-6) .....	200
Abbildung 7-6: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSschr in System A (Nr. 4 in Tabelle 7-6).....	201
Abbildung 7-7: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe CDTiDir in System A (Nr. 5 in Tabelle 7-6).....	201
Abbildung 7-8: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe TelAnr in System A (Nr. 6 in Tabelle 7-6) .....	201
Abbildung 7-9: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe RSenSp in System A (Nr. 7 in Tabelle 7-6).....	202
Abbildung 7-10: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe CDskip in System A (Nr. 8 in Tabelle 7-6) .....	202
Abbildung 7-11: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZEalph in System A (Nr. 10 in Tabelle 7-6) .....	203
Abbildung 7-12: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe TPein in System A (Nr. 11 in Tabelle 7-6).....	203
Abbildung 7-13: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZSpNeu in System A (Nr. 12 & 15 in Tabelle 7-6).....	204
Abbildung 7-14: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZEletzte in System A (Nr. 14 in Tabelle 7-6).....	204
Abbildung 7-15: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe EintrLösch in System A (Nr. 17 in Tabelle 7-6).....	204
Abbildung 7-16: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSlesen in System A (Nr. 18 in Tabelle 7-6).....	205
Abbildung 7-17: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe AudioMute in System A (Nr. 19 in Tabelle 7-6).....	205
Abbildung 7-18: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Soll-Bedienhandlung „nächstes Eingabefeld anwählen“ der Aufgabe ZSpNeu in System B (V14 in Tabelle 7-11) .....	220

Abbildung 7-19: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Soll-Bedienhandlung „Speicherplatz bestätigen“ der Aufgabe RSenSp in System B (V1 in Tabelle 7-11) .....	220
Abbildung 7-20: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Aufgabe CDstar in System B (V3 in Tabelle 7-11) .....	220
Abbildung 7-21: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Soll-Bedienhandlung „Titelliste öffnen“ der Aufgabe CDTiDir in System B (V22 in Tabelle 7-11) .....	221
Abbildung 7-22: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZEalph in System B (V4 und V20 in Tabelle 7-11) .....	221
Abbildung 7-23: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ABneu in System B (V15, V16 und V17 in Tabelle 7-11) .....	222
Abbildung 7-24: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSAbsSp in System B (V19 in Tabelle 7-11) .....	223
Abbildung 7-25: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe EintrLösch in System B (V5 in Tabelle 7-11 und erste Zeile der Tabelle 7-13) .....	223
Abbildung 7-26: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe TelNrSp in System B (vierte und fünfte Zeile der Tabelle 7-13) .....	224
Abbildung 7-27: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSlesen in System B (V11, V30, V32 in Tabelle 7-11 und dritte und siebte Zeile der Tabelle 7-13) .....	224

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Kategorisierung aller ausgeführten Bedienhandlungen, Studie A .....	57
Tabelle 3-2: Ursachen für Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell in System A, Beispiele für solche Abweichungen und Anteil der durch Umsetzung systemspezifischer Gestaltungsvorschläge vermeidbaren Fehlbedienungen .....	60
Tabelle 3-3: Anteil für die Erwartungen der Probanden bei der ersten und zweiten Speicherhandlung, getrennt nach Gruppen; grauer Hintergrund = korrekte Erwartungen; zu 100 fehlende %= sonstige od. keine konkreten Erwartungen ....	69
Tabelle 4-1: Vier-Felder-Schema zur Herleitung der Vorhersagen für Studie B; in Klammern die Anzahl der Soll-Bedienhandlungen (SB).....	83
Tabelle 4-2: Kategorisierung aller ausgeführten Bedienhandlungen, Studie B .....	87
Tabelle 4-3: Ursachen für Abweichungen zwischen mentalem und konzeptuellem Modell in System B, Beispiele für solche Abweichungen und Anteil der durch Umsetzung systemspezifischer Gestaltungsvorschläge vermeidbaren Fehlbedienungen .....	89
Tabelle 6-1: Mittelwerte (Standardabweichungen in Klammern) für Bedienzeit, Bedieneffektivität, Zufriedenheit und Schwierigkeitsbeurteilung für die Basis- und die optimierte Version in allen Aufgabenblöcken der Studie C .....	133
Tabelle 6-2: Übersicht der empirischen Unterstützung für die Hypothesen bezüglich Bedienleistung und Systembeurteilung pro Aufgabenblock in Studie C; Bedeutung der Symbole: ✓/(✓)=signifikant entsprechend der Hypothese (nur bei N <sub>OV</sub> =21); ×= nicht signifikant; != signifikant entgegen der Hypoth. ....	134
Tabelle 6-3: Mittelwerte (Standardabweichungen in Klammern) für alle abhängigen Maße der Studie C, zusammengefasst für jede Aufgabe über alle Durchgänge, getrennt für Basis- (n=22) und optimierte (n=22) Version .....	135
Tabelle 7-1: Beschreibung der möglichen Operationssequenzen, aus welchen sich Bedienhandlungen in den Systemen A und B zusammensetzen .....	177
Tabelle 7-2: BediENAufgaben, welche in den drei Studien verwendet wurden .....	179
Tabelle 7-3: Reihenfolge und Gruppenaufteilung der BediENAufgaben in Studie A.....	181
Tabelle 7-4: Aufgabenreihenfolge und verwendete Zusatzaufgaben in Studie C .....	182
Tabelle 7-5: Geräte, zu denen die Vorerfahrung der Probanden erhoben wurde .....	185
Tabelle 7-6: Abweichungs-Indikatoren und häufigste Erwartungen für alle abweichenden Soll-Bedienhandlungen der Studie A, geordnet absteigend nach Grad der interindiv. Übereinstimmung bei der häufigsten Erwartung; B=Bezeichnung, S=Struktur, M=Mapping .....	187
Tabelle 7-7: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B die gleichen Fehlbedienungen wie in A vorhergesagt wurden .....	206
Tabelle 7-8: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B „neue“ Fehlbedienungen vorhergesagt wurden .....	207
Tabelle 7-9: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B andere Fehlbedienungen als in A vorhergesagt wurden .....	209
Tabelle 7-10: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B keine Fehlbedienungen vorhergesagt wurden .....	211
Tabelle 7-11: Ergebnisse zu Soll-Bedienhandlungen des Systems B, für welche sich die Vorhersagen voll oder teilweise bestätigten, geordnet absteigend nach	

Grad der interindiv. Übereinstimmung der Erwartung; weiß=voll, grau=teilweise bestätigt; B=Bezeichnung, S=Struktur, M=Mapping .....	213
Tabelle 7-12: Ergebnisse zu Soll-Bedienhandlungen des Systems B, für welche Abweichungen vorhergesagt waren, aber nicht eintraten .....	217
Tabelle 7-13: Ergebnisse zu Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B keine Abweichungen vorhergesagt wurden, welche sich aber als abweichend erwiesen, geordnet absteigend nach Grad der interindiv. Übereinstimmung der Erwartung.....	217

## **Anhang**

- I     Anhang I: Details zu Methoden und Auswertung
- II    Anhang II: Details zu den Ergebnissen der Studie A
- III   Anhang III: Details zu Vorhersagen der Studie B
- IV    Anhang IV: Details zu den Ergebnissen der Studie B



## I Anhang I: Details zu Methoden/ Auswertung

### I.a Bedienhandlungen in Systemen A und B

Im Folgenden (Tabelle 7-1) sind für die System A und B mögliche Operations-Sequenzen beschrieben, durch welche eine der Menüfunktionen nach (Norman, 1991) ausgelöst werden kann und aus welchen demnach eine Bedienhandlung bestehen kann (vgl. Unterkapitel 2.2 und Abschnitt 3.2.1). Die Auflistung erfolgt geordnet nach den betätigten Bedienelementen und Menüelementen (zur Beschreibung der Bedienoberflächen von Systemen A und B siehe Abschnitte 3.1.2.2 und 4.1.2.1).

Tabelle 7-1: Beschreibung der möglichen Operationssequenzen, aus welchen sich Bedienhandlungen in den Systemen A und B zusammensetzen

Bedienhandlung	Beschreibung	Menüfunktion nach Norman (1991)
1) ZBE: Markieren und Bestätigen	Bewegen des Cursors mit den Pfeiltasten (System A), bzw. durch SCHIEBEN oder DREHEN (System B), dann Bestätigen des markierten Elementes mit dem OK-Button (System A), bzw. durch DRÜCKEN (System B); Aktivieren/ Deaktivieren von Checkboxes und Radio-Buttons	
a) Listenauswahl	Meist vertikale Bewegungen des Cursors; seltener horizontal	<i>Pointing, command control oder output</i>
b) Suchspeller (Matching-Speller)	Bewegen des Cursors in alle Richtungen (horizontal, vertikal, diagonal) möglich. In der Regel werden mehrere Einträge des Spellers (Buchstaben, Ziffern, Satzzeichen) jeweils nacheinander ausgewählt und bestätigt. Nach Eingabe jedes Zeichens wird der Speller "ausgedünnt", d.h. es sind nur noch diejenigen Buchstaben anwählbar/ aktiv, welche zur Eingabe zur Verfügung stehen.	<i>Input</i>
c) Editierspeller	Bewegung des Cursors und Eingabe der Zeichen wie beim Suchspeller. Kein Ausdünnen, alle Zeichen können ausgewählt werden.	<i>Input</i>
d) Checkbox	Ein Listeneintrag mit Checkbox wird mit den Pfeiltasten angewählt. Beim Bestätigen mit der OK-Taste ändert sich der Zustand der Checkbox (ausgefüllt = aktiv vs. leer = inaktiv)	<i>Command control</i>
e) Radiobutton/ Active button	In einer Liste mit Radiobuttons ist immer ein Eintrag durch einen Radiobutton markiert. Der Cursor wird mit den Pfeiltasten verschoben. Beim Bestätigen eines Eintrags wird dieser mit dem Radiobutton markiert.	<i>Command control</i>

<b>Bedienhandlung</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Menüfunktion nach Norman (1991)</b>
2) ZBE: nur Markieren	Betätigen des ZBE zur Cursorsteuerung/ Funktionsauslösung ausreichend, Bestätigung nicht notwendig	
a) Slider	Verstellen eines Parameters durch Verschieben der Markierung auf einem Slider mit den Pfeiltasten rechts/ links (System A), hoch/ runter bzw. durch SCHIEBEN oder DREHEN (System B)	<i>Command control</i>
b) Scrollen	Scrollen in der Karte mit den Pfeiltasten rechts/ links, hoch/ runter, diagonal (System A), bzw. durch SCHIEBEN (System B)	<i>Pointing</i>
c) Cursorpositionierung	Der Cursor wird (z.B. in einer Liste) bewegt ohne Bestätigung, so dass ein bestimmtes Element (z.B: Listeneintrag) markiert, aber nicht aktiviert (z.B: geöffnet) wird	<i>Output</i>
d) Blättern (nur System A):	Blättern zum nächsten Screen in der T-Struktur mit den Pfeiltasten rechts/ links	<i>Pointing oder output</i>
e) Liste schließen (nur System B):	Eine vertikale Liste schließt sich durch SCHIEBEN des ZBE rechts/ links; ein Speller schließt sich durch SCHIEBEN nach oben	<i>Pointing</i>
f) Funktionsauslösung	Betätigen des ZBE zur direkten Auslösung einer Funktion, Pfeile links/ rechts, hoch/ runter (System A); bzw. SCHIEBEN oder DREHEN (System B)	<i>Command control</i>
3) ZBE: nur Bestätigung	Betätigen des ZBE nur zur Bestätigung/ zur Auswahl (System A: Bestätigen der OK-Taste, Systeme B: DRÜCKEN des ZBE)	
a) shortpress	Kurzes Drücken	<i>Pointing, command control oder output</i>
b) longpress	längeres Drücken	<i>Pointing, command control oder output</i>
4) Hardkey	Drücken eines Hardkeys (Applikations- oder anderer Hardkey)	
a) shortpress	Kurzes Drücken	<i>Pointing, command control oder output</i>
b) longpress	längeres Drücken	<i>Pointing, command control oder output</i>
5) Softkey (nur System A)	Drücken eines Softkeys	<i>Pointing, command control oder</i>

<b>Bedienhandlung</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Menüfunktion nach Norman (1991)</b>
		<i>output</i>
6) 12er-Ziffernblock		
a) shortpress	kurzes Drücken eines Buttons des 12er-Ziffernblocks	<i>Input</i>
b) longpress	längeres Drücken eines Buttons des 12er-Ziffernblocks	<i>Input</i>
c) multiple press	mehrmaliges kurzes Drücken eines Buttons des 12er-Ziffernblocks in kurzen Abständen (z.B: zur Eingabe eines Buchstabens oder Satzzeichens)	<i>Input</i>
7) Timeout	Timeout des Systems, keine Benutzer-Operation	
8) sonstige Benutzer-operation	z.B. Einlegen einer CD	-

### I.b Verwendete Aufgaben der drei Studien

Die folgende Tabelle 7-2 listet alle in den drei Untersuchungen verwendeten Bedienaufgaben mit zugehörigen Abkürzungen auf und gibt an, in welchen Studien die Aufgaben jeweils eingesetzt wurden. Für Studie A ist angegeben, welche Gruppen eine Aufgabe bearbeiteten, für Studie B geben die Zahlen die Reihenfolge an, in der die Aufgaben (von allen Probanden gleich) bearbeitet wurden. Für Studie C ist angegeben, ob die Aufgabe verwendet wurde, die genaue Reihenfolge der Aufgaben findet sich in Tabelle 7-4.

Tabelle 7-2: Bedienaufgaben, welche in den drei Studien verwendet wurden

<b>Fkt.-bereich</b>	<b>Aufg.-Kürzel</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Studie A: Welche Gruppe?</b>	<b>Studie B: Reihenfolge</b>	<b>Studie C</b>
Navigation	NavKarAusr	Kartenausrichtung auf „Nordausrichtung“ ändern	Gr. 1 Navi	-	-
	ZEalph	Navigationsziel alphanumerisch eingeben	Alle Gruppen	3	-
	ZEKar	Navigationsziel über Karte eingeben	Gr. 1 Navi	-	-
	ZELetzte	Navigationsziel aus zuletzt verwendeten Zielen eingeben	Gr. 1 Navi	6	-
	ZESpei	Navigationsziel aus gespeicherten Zielen eingeben	Gr. 1 Navi	14	-
	ZESZi	Navigations-Sonderziel eingeben	Gr. 1 Navi	-	-

<b>Fkt.-bereich</b>	<b>Aufg.-Kürzel</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Studie A: Welche Gruppe?</b>	<b>Studie B: Reihenr.</b>	<b>Studie C</b>
	ZFabbr	Zielführung abbrechen	Gr. 1 Navi	-	-
	Zoom	Kartenmaßstab vergrößern	Gr. 1 Navi	15	-
	ZSpNeu	Eingegebenes Navigationsziel als neuen Eintrag abspeichern	Gr. 1 Navi	7	-
	ZwStopp	Zwischenstopp eingeben	Gr. 1 Navi	-	-
Tele-Kommunikation	ABneu	Neuen Adressbucheintrag anlegen	Alle Gruppen	10	Ja
	AnrAnn	Eingehenden Anruf annehmen	Gr. 2 Telefon	-	-
	EintrLösch	Adressbucheintrag löschen	Alle Gruppen	20	Ja
	PIN	PIN für Telefon-SIM-Karte eingeben	Alle Gruppen	1	-
	SIMexp	Nummer aus Geräte-Speicher auf SIM-Karte exportieren	Gr. 2 Telefon	-	-
	SIMimp	Nummer von SIM-Karte in Geräte-Speicher importieren	Gr. 3 SMS	-	-
	SMSAbsSp	Absender-Nummer einer eingegangenen SMS-Nachricht als neuen Eintrag abspeichern	Gr. 3 SMS	9	-
	SMSlesen	SMS-Nachricht lesen	Gr. 3 SMS	8	Ja
	SMSöff	Funktionsbereich SMS öffnen	Gr. 3 SMS	-	-
	SMSschr	SMS-Nachricht schreiben und senden	Gr. 3 SMS	13	-
	TelAnr	Nummer wählen und anrufen	Gr. 2 Telefon	2	-
	TelBNrWä	Nummer aus Telefonbuch anrufen	Gr. 2 Telefon	16	-
	TelNrSp	Nummer aus Anrufliste als neuen Eintrag abspeichern	Gr. 2 Telefon	5	-
	Tverp	Nummer aus Liste mit verpassten Anrufen anrufen	Gr. 2 Telefon	-	-
	Wahlw	Nummer aus Wahlwiederholungsliste anrufen	Gr. 2 Telefon	4	-
Audio	AudioMute	Audio-Ausgabe stumm schalten	Gr. 3 SMS	-	-
	Bal/Fad	Balance mehr nach links verstellen	Gr. 2 Telefon	-	-
	Bässe	Basseinstellung erhöhen	Gr. 2 Telefon	-	-
	CD-> Radio	Umschalten von CD- zu Radio	Gr. 3 SMS	-	-

<b>Fkt.-bereich</b>	<b>Aufg.-Kürzel</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Studie A: Welche Gruppe?</b>	<b>Studie B: Reihenfolge</b>	<b>Studie C</b>
		dio-Applikation			
	CDskip	Zum nächsten CD-Titel springen	Alle Gruppen	12	-
	CDstar	CD einlegen und abspielen	Gr. 1 Navi Gr. 3 SMS	11	-
	CDTidir	CD-Titel über Zifferntasten anwählen	Gr. 3 SMS	17	-
	CDTimix	Zufallsreihenfolge für CD einstellen	Gr. 3 SMS	-	-
	FM->AM	Umschalten von UKW auf Mittelwelle	Gr. 3 SMS	-	-
	Radio-> CD	Umschalten von Radio- zu CD-Applikation	Gr. 2 Telefon Gr. 3 SMS	-	-
	RSenSp	Aktuellen Radiosender abspeichern	Gr. 2 Telefon	18	Ja
	Rstation	Gespeicherten Radiosender einstellen	Gr. 3 SMS	19	-
	TPein	Verkehrsfunk einschalten	Gr. 2 Telefon	-	-

### *I.b.i Aufteilung der Aufgaben auf die Gruppen in Studie A*

Die folgende Tabelle 7-3 zeigt die in Studie A verwendeten Aufgaben in ihrer Aufteilung und Reihenfolge für die drei Experimentalgruppen.

Tabelle 7-3: Reihenfolge und Gruppenaufteilung der Bedienaufgaben in Studie A

<b>Aufg. Nr.</b>	<b>Gruppe 1 Navi</b>	<b>Gruppe 2 Telefon</b>	<b>Gruppe 3 SMS</b>
1	PIN	PIN	PIN
2	ZEalph	ZEalph	ZEalph
3	ZFabbr	TelAnr	SMSöff
4	ZEKar	Wahlw	SMSschr
5	ZEletzte	Tverp	SMSlesen
6	ZSpNeu	TelNrsp	SMSAbsSp
7	ABneu	ABneu	ABneu
8	ZESpei	TelBNrWä	SIMimp
9	ZwStopp	SIMexp	AudioMute
10	NavKarAusr	AnrAnn	FM->AM
11	ZESZi	TPein	CDstar
12	Zoom	RSenSp	CDTiDir
13	CDstar	Bässe	CDTimix

Aufg. Nr.	Gruppe 1 Navi	Gruppe 2 Telefon	Gruppe 3 SMS
14	CDskip	Bal/Fad	CD->Radio
15	EintrLöschen	Radio->CD	RStation
16		CDskip	Radio-CD
17		EintrLöschen	CDskip
18			EintrLöschen

### *I.b.iiAufgabenreihenfolge Studie C*

Die folgende Tabelle 7-4 gibt eine detaillierte Übersicht der Aufgabenreihenfolge und Zusatzaufgaben in Studie C.

Tabelle 7-4: Aufgabenreihenfolge und verwendete Zusatzaufgaben in Studie C

Block	Durchgang	Bedienaufgabe	Zusatzaufgabe
1	1	Radiosender abspeichern	
	2	Adressbucheintrag anlegen	
	3	SMS-Nachricht lesen	
	4	Adressbucheintrag löschen	
2	5	Adressbucheintrag anlegen	
	6	Adressbucheintrag löschen	
	7	SMS-Nachricht lesen	
	8	Radiosender abspeichern	
3	9	SMS-Nachricht lesen	
	10	Adressbucheintrag anlegen	
	11	Radiosender abspeichern	
	12	Adressbucheintrag löschen	
4	13	Radiosender abspeichern	Monate rückwärts ab August
	14	Adressbucheintrag anlegen	Zählen ab 175
	15	SMS-Nachricht lesen	Zählen ab 250
	16	Adressbucheintrag löschen	Zählen ab 345
5	17	Adressbucheintrag anlegen	Zählen ab 390
	18	Adressbucheintrag löschen	Zählen ab 715
	19	SMS-Nachricht lesen	Zählen ab 160
	20	Radiosender abspeichern	Monate rückwärts ab März
6	21	SMS-Nachricht lesen	Zählen ab 125
	22	Adressbucheintrag anlegen	Zählen ab 480
	23	Radiosender abspeichern	Monate rückwärts ab November
	24	Adressbucheintrag löschen	Zählen ab 745

## I.c Standardisierte Hilfestellungen in den drei Studien

Detaillierte Beschreibung der Hilfestellungskriterien in den drei Studien

### *I.c.i Hilfen des Versuchsleiters in Studie A*

In Studie A gab der Versuchsleiter den Probanden folgende Hilfestellungen:

- a) Schrittweise konkreter werdende Hinweise:
  - 1) Hinweis auf falsche Applikation: „Sie können das nicht in <dieser Applikation> (z.B: TELEFON) machen.“
  - 2) Vorgabe der richtigen Applikation: „Wechseln Sie zuerst in <die richtige Applikation> (z.B. Adressbuch).“
  - 3) Vorgabe der nächsten richtigen Menüs: „Gehen Sie nun zum <richtigen Menüeintrag> (z.B: Eingang).“
  - 4) Vorgabe der nächsten richtigen Bedienhandlung: „Machen Sie dazu folgendes: <richtige Bedienhandlung> (z.B: Gehen Sie dazu mit den Cursortasten nach links).“
- b) Weitere allgemeine Hinweise:
  - 5) Hinweis auf Eingabefehler: z.B: „Das schreibt man mit ‚th‘.“
  - 6) Wiederholung einer Hilfestellung
  - 7) Hinweis, dass die Aufgabe/ das Teilziel/ die Bedienhandlung schon abgeschlossen ist: z.B. „Jetzt haben Sie schon gespeichert.“
  - 8) Erklärung über im System ablaufende oder gerade abgelaufene Vorgänge: z.B. „Jetzt liest er die CD.“

Möglich waren auch Wiederholungen der gleichen Hilfestellung, wenn ein Proband sie offensichtlich nicht verstanden hat (z.B. Die empfohlene Bedienhandlung nicht ausführt) oder sie wieder vergessen zu haben schien (z.B. Proband sucht im Telefonmenü, wechselt nach Hilfe 1 des VL in ein anderes, ebenfalls falsches, Menü und kehrt dann zum Telefon zurück, um dort weiter zu suchen).

Mögliche Auslöser für eine Hilfestellung seitens des VL waren (Studie A):

- 1) Äußerung des Probanden, in der er verbal klar zu erkennen gibt, dass er ohne Hilfe nicht mehr weiter weiß, oder den Versuchsleiter direkt nach Hilfe fragt, z.B.:
  - „Jetzt würde ich in die Bedienungsanleitung schauen.“
  - „Jetzt weiß ich absolut nicht mehr weiter.“

- „Ich gebe auf.“
- „Ohne Hilfe bin ich jetzt verloren.“
- „Na gut, jetzt müssen Sie mir helfen.“
- „Können Sie mir mal sagen, was ich jetzt machen muss?“

2) Wirre Bedienung: Proband sagt zwar nichts, aber navigiert erkennbar ziellos im Menü herum, z.B.:

- probiert nacheinander alle verfügbaren Menüeinträge aus
- ruft Menüpunkte zum wiederholten Mal auf
- öffnet nacheinander mehrere Untermenüs, um sie jeweils gleich wieder zu verlassen (z.B. über „zurück“)

Jede der oben genannten Hilfestellungen wurde als eine Hilfe gezählt.

#### *I.c.ii Hilfen des Versuchsleiters in Studie B*

Während der Bearbeitung jeder Aufgabe erfolgte die Hilfestellung durch den Versuchsleiter nach einem standardisierten Schema: Wenn der Probanden nach Hilfe fragte, ohne eine Bedienhandlung ausgeführt zu haben, wurde er aufgefordert, zunächst selbst zu versuchen, die Aufgabe zu lösen. Nach vier falschen Bedienhandlungen gab der Versuchsleiter den Hinweis „Hier sind Sie nicht richtig.“ Wenn der Pb nach diesem Hinweis den richtigen Pfad nicht fand, wurde er vom Versuchsleiter zunächst zur letzten richtigen Menüsituation zurückgelotst („Gehen Sie bitte zurück“.) Bei einer weiteren falschen Bedienhandlung gab der Versuchsleiter den als nächstes zu bestätigenden korrekten Menüpunkt vor (z.B. „Gehen Sie hier bitte auf ‚Tel‘“). Auch jede dieser Hilfen wurde als eine Hilfestellung gezählt.

#### *I.c.iii Hilfen des Versuchsleiters in Studie C*

Sind in Kapitel 6.1.3 beschrieben.

### **I.d Vorerfahrungsfragebogen**

Im Vorerfahrungsfragebogen wurde in allen drei Studien sowohl die Nutzungshäufigkeit von 26 technischen Geräten erhoben als auch die Häufigkeit, mit welcher alle verwendeten Aufgaben an jeweils relevanten Geräten von den Probanden ausgeführt werden. Die folgende Abbildung 7-1 zeigt ein Beispiel für die Erhebung der Vorerfahrung eines Probanden mit einem schnurlosen Festnetz-Telefon.



### Schnurloses Festnetz-Telefon

	ein- bis mehrmals täglich	ein- bis mehrmals pro Woche	ein- bis mehrmals im Monat	ein- bis mehrmals im Jahr	nie
1) Ich benutze ein schnurloses Festnetz-Telefon ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Wenn ja: Marke: _____ Typ: _____					Nie?
3) Ich benutze dieses Gerät seit _____ Jahren					→ weiter zur nächsten Seite

### Wenn ich dieses schnurlose Festnetztelefon benutze, dann nutze ich folgende Funktionen

	ein- bis mehrmals täglich	ein- bis mehrmals pro Woche	ein- bis mehrmals im Monat	ein- bis mehrmals im Jahr	nie
4) Nummer eingeben und anrufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) PIN eingeben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Nummer eines verpassten Anrufs zurückrufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Wahlwiederholung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Nummer aus Anrufliste abspeichern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Nummer aus Telefonbuch anrufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) Eingehenden Anruf annehmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) Eingehenden Anruf ablehnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) sonstige: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 7-1: Beispiel aus dem Vorerfahrungsfragebogen, verwendet in Studien A, B und C; Bsp. für schnurloses Festnetz-Telefon

Zu folgenden 26 Geräten wurde die Vorerfahrung erhoben:

Tabelle 7-5: Geräte, zu denen die Vorerfahrung der Probanden erhoben wurde

Entertainment	Kommunikation	Navigation	Büro & Computer	Geräte im Auto	Sonstige
Fernseher	Schnurloses Festnetz-Telefon	Routenplaner am PC/ im Internet	Desktop-Rechner	Autoradio	Digital-kamera
SAT-Receiver	Festnetz-Telefon mit Hörerkabel	Mobiles Navigationssystem	Laptop	CD-Player im Auto	Geld-automat
DVD-Player	Mobiltelefon		Internet-Browser	MP3-Player im Auto	Fahrkarten-automat

Video-recorder	Faxgerät		Media-Player am Computer	Multifunktionsgeräte im Auto	
HiFi-Stereoanlage			PDA/ Elektronischer Terminplaner		
Sonstiges Radio					
Tragbarer CD-Player					
Tragbarer MP3-Player					

### I.e Skalen für subjektive Maße in den Studien B und C

Die folgende Abbildung 7-2 zeigt die Skalen zur Erhebung von Zufriedenheit und subjektiver Schwierigkeitseinschätzung, wie sie den Probanden in Studien B und C nach der Bearbeitung jeder Aufgabe vorgelegt wurden. Es handelt sich um äquidistante Skalen nach Rohrmann (1978).

#### 1) Eintrag löschen

**Ihre Meinung, bitte ankreuzen:**

Ich empfand das Lösen dieser Aufgabe als schwierig.				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gar nicht	kaum	mittelmäßig	ziemlich	außerordentlich

Mit der Menüführung dieser Aufgabe bin ich zufrieden.				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gar nicht	kaum	mittelmäßig	ziemlich	außerordentlich

Abbildung 7-2: Skalen zur Erhebung von subjektiver Schwierigkeit und Zufriedenheit in den Studien B und C; Bsp. für die Aufgabe „Eintrag löschen“

## II Anhang II: Details zu den Ergebnissen der Studie A

### II.a Ergebnisse der Studie A: Soll-Bedienhandlungen mit bedeutsamen Abweichungen

Die folgende Tabelle 7-6 zeigt alle Soll-Bedienhandlungen der in System A untersuchten Bedienaufgaben, für welche sich abweichende Erwartungen ergaben, inklusive der Parameter für die Abweichungs-Indikatoren (aus den Auswertungsschritten 3 und 4; s. Spalten 4 bis 6), für Bedeutung der Aufgabenkürzel s. Tabelle 7-2.

Tabelle 7-6: Abweichungs-Indikatoren und häufigste Erwartungen für alle abweichenden Soll-Bedienhandlungen der Studie A, geordnet absteigend nach Grad der interindivid. Übereinstimmung bei der häufigsten Erwartung; B=Bezeichnung, S=Struktur, M=Mapping

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
1	TelNr Sp	Daten speichern und Eingabemaske verlassen	7,27	11	100%	Nach der Eingabe des Namens für die zu speichernde Telefonnummer erwarten die Probanden, die OK-Taste drücken zu können, um den Speichervorgang abzuschließen. Statt der (funktionslosen) OK-Taste wäre hier die zurück-Taste zu drücken, was von keinem der Probanden erwartet wird.	100 %	-	-	-	-	B

Nr	Aufg.	Soll-Bedien- handlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Er- wartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abwei- chende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ur- sa- che
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
2	SMS öff	Grundmenü Service aufrufen	5,67	12	91,7%	Anstatt im Grundmenü Service vermuten die Probanden den Funktionsbereich SMS in der Telefon-Applikation und öffnet diese (erste Benutzung der SMS-Applikation).	91,7%	-	-	-	8,3%	S
3	AB- Neu	Grundmenü Service öffnen	9,81	34	79,4%	Anstatt im Grundmenü Service vermuten die Probanden den Funktionsbereich Adressbuch im Grundmenü Telefon und öffnen dieses (erste Benutzung des Adressbuches).	73,5%	-	-	5,8%	20,6%	S
4	SMS schr	Ansicht um- schalten „Empf.“ → „Text“	3,82	11	81,8%	Nach Eingabe der Empfänger-Telefonnummer erwarten die Probanden, die OK-Taste drücken zu können, um zur Eingabe des Nachrichten-Textes zu gelangen. Statt der (funktionslosen) OK-Taste, wäre hier der Softkey „Text“ zu drücken, mit dem man zum Bildschirm für die Eingabe des Nachrichten-Textes gelangt.	66,7%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	8,3%	-	25%	B

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
5	CDTi Dir	Manuelle Titелеingabe aktivieren	-	12	100%	Anstatt über die Sternchen-Taste das Dialogfeld für die manuelle Titeleingabe zu öffnen, benutzen die Probanden mehrmals die skip-Funktion, um zu dem gewünschten Titel zu wechseln. Keiner der Probanden führt diese Soll-Bedienhandlung wie vom System vorgesehen aus.	58,3%	Probanden erwarten, einen bestimmten Titel durch Drücken der zugehörigen Zifferntaste direkt abspielen zu können, anstatt zuerst die manuelle Titeleingabe über die Sternchen-Taste zu aktivieren.	41,7%	-	-	S
6	Te-IAnr	Gespräch beenden <sup>7</sup>	1,91	11	54,6%	Um das Telefongespräch zu beenden, erwarten die Probanden, die OK-Taste drücken zu können, obwohl ein entsprechender Menüpunkt nicht vorhanden ist, der dadurch bestätigt würde. Richtig wäre es, die „Auflegen“-Taste unterhalb des Displays zu drücken, welche aber die meisten Probanden erst auf den zweiten Blick sehen.	54,6%	-	-	-	45,5%	B

<sup>7</sup> Diese Soll-Bedienhandlung lässt sich durch eine einzige Bedienhandlung ausgleichen, daher wird der Schwellenwert von Ist-pro-Soll gleich 2 angewendet. Obwohl der Wert von 2 mit 1,91 nicht ganz erreicht wird, ist diese Soll-Bedienhandlung auf Grund der Mehrheitserwartung bezüglich der OK-Taste wichtig und wird daher weiter betrachtet. Als Ursache sind neben der Bezeichnung auch Aspekte des Mappings relevant (genaue Erläuterung s. Abschnitt 3.4.1.5).

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
7	RSe nSp	Speicherplatz bestätigen/ Sender speichern <sup>8</sup>	4,17	11	63,6%	Die Probanden erwarten nicht, einen langen Druck ausführen zu müssen, um den Sender auf dem gewünschten Speicherplatz abzuspeichern und führen stattdessen einen kurzen Druck aus. Dadurch wird der Sender ausgewählt, welcher im Moment auf dem gewünschten Speicherplatz gespeichert ist.	54,5%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	9,1%	-	36,4%	B
8	CDs kip	Springen zum nächsten Titel <sup>9</sup>	2	34	61,7%	Um zum nächsten CD-Titel zu springen, erwarten die Probanden, die Pfeiltaste „nach unten“, anstatt die Pfeiltaste „nach oben“ zu betätigen. Diese Taste „nach unten“ springt aber stattdessen zum vorherigen Titel.	50%	Probanden erwarten die Pfeiltaste „nach rechts“ drücken zu können, um zum nächsten Titel zu springen. Diese Taste hat in dieser Situation keine Funktion.	5,9%	5,8%	38,2%	M

<sup>8</sup> Für diese Aufgabe existieren zwei verschiedene Bedienpfade, welche in dieser Tabelle zusammengefasst wurden, da beide das Auslösen einer longpress-Funktion zur Speicherung des Senders beinhalten. Vier Probanden benutzten den Bedienpfad über die Zifferntaste (langer Druck), um den Sender zu speichern (Pfad 1). Sieben Probanden benutzten den Bedienpfad über das Speichermenü, um dort den gewünschten Speicherplatz mit einem langen Druck auf OK zu bestätigen (Pfad 2). Fünf dieser sieben Probanden schafften es nicht, den Sender über diesen Pfad zu speichern.

<sup>9</sup> Da diese Soll-Bedienhandlung durch eine einzige zusätzliche Bedienhandlung ausgeglichen werden kann, gilt hier der Wert Ist-pro-Soll =2 als Schwellenwert.

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
9	AB-Neu	Daten speichern und Eingabemaske verlassen <sup>10</sup>	4,16	31	58,8%	Nach der Eingabe aller Daten für den neuen Adressbucheintrag erwarten die Probanden, die OK-Taste zu drücken (38,7% shortpress, 6,5% longpress), um den Speichervorgang abzuschließen. Statt der (funktionslosen) OK-Taste wäre es richtig, die zurück-Taste zu drücken.	45,2%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	19,4%	-	35,5%	B
10	ZEal ph	Straßenname bestätigen <sup>11</sup>	2,32	34	38,2%	Am Ende der Eingabe des Straßennamens erwarten die Probanden, die OK-Taste drücken zu können, um den Straßennamen zu bestätigen, anstatt dies mit „ok“ im Speller zu tun. So wählen sie einen weiteren, den gerade markierten, Buchstaben aus.	38,2%	-	-	-	61,8%	B

<sup>10</sup> Bei dieser Soll-Bedienhandlung sind Transfereffekte vermutet und bestätigt worden, detaillierte Beschreibung s. Abschnitt 3.4.2

<sup>11</sup> Bei dieser Soll-Bedienhandlung wird der Schwellenwert von 3 Ist-pro-Soll-Bedienhandlungen nicht erreicht. Diese Erwartung ist dennoch wichtig, da sie noch bei einer weiteren, analogen Soll-Bedienhandlung als mentales Modell mit mittel hoher Übereinstimmung auffiel (s. ZSpNeu, "Buchst. best.").

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
11	TPein	Verkehrsfunk per Tastendruck einschalten	6,75	11	63,4%	Um den Verkehrsfunk einzuschalten, erwarten die Probanden, das Einstellungs Menü öffnen zu müssen, anstatt den Softkey „TA ein“ zu drücken.	36,4%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	18,2%	9,1%	36,4%	S <sup>12</sup>
1 2	ZSp Neu	ingegebene Buchstaben bestätigen	3,2	10	30%	Am Ende der Eingabe des Namens erwarten die Probanden, die OK-Taste drücken zu können, um den eingegebenen Namen zu bestätigen, anstatt dies mit „ok“ im Speller zu tun. So wählen sie einen weiteren, den gerade markierten, Buchstaben aus.	30%	Proband erwartet, über „zurück“ die Eingabe abschließen zu können, anstatt über „ok“ im Speller.	10%	-	60% <sup>13</sup>	B
1 3	TeINr Sp	verpasste Nummern öffnen	4,1	10	30%	Probanden erwarten, die Anrufliste unter dem Softkey mit dem Symbol für „Telefonbuch“ zu finden, öffnen so stattdessen aber das Telefonbuch.	30%	-	-	-	70%	B

<sup>12</sup> Struktur nicht alleinige Ursache: Abweichung teilweise auch auf unerwartete englische Abkürzung "TA" im Label zurückzuführen

<sup>13</sup> Sowohl die häufigste abweichende als auch die korrekte Erwartung beziehen sich auf eine "OK" benannte Option oder Taste. Aus diesem Grund wurden beide im Ergebnisteil der Studie A (Tabelle 3-3) zusammengefasst.



Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
14	ZE-letzte	Liste mit zuletzt berechneten Zielen aufrufen	3,45	11	27,3%	Probanden erwarten, die zuletzt berechneten Navigationsziele unter dem Menüpunkt „Zielspeicher“ zu finden anstatt unter dem Menüpunkt „Letzte Ziele“.	27,3%	-	-	-	72,7%	B
15	ZSp Neu	Option „Neue Adresse“ auswählen	6,27	11	36,4%	Um das gewählte Navigationsziel unter einem neuen Namen abspeichern zu können, erwarten die Probanden, den Menüpunkt „Adresse auswählen“ bestätigen zu müssen, anstatt „Neue Adresse“. So gelangen sie in die Liste, in der einem der bereits gespeicherten Einträge das neue Ziel hinzugefügt werden kann, anstatt in den Bildschirm, wo der gewünschte Name eingegeben werden kann.	27,3%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	9,1%	-	63,6%	B

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
1 6	AB-Neu	nächstes Eingabefeld auswählen	3,9	30	60%	Beim Anlegen eines neuen Eintrags im Adressbuch erwarten die Probanden, die E-Mail-Adresse des Eintrags in das Feld „URL“ (statt richtig „E-Mail“), eingeben zu müssen.	26,7%	Beim Anlegen eines neuen Eintrags erwarten die Probanden, durch Betätigen der OK-Taste zum nächsten Eingabefeld wechseln zu können. OK ist funktionslos, stattdessen wäre die Pfeiltaste „nach unten“ zu benutzen.	20%	13,4%	40%	B
1 7	Eintr Löschen	Grundmenü Service aufrufen	4,34	31	29%	Anstatt im Grundmenü Service vermuten die Probanden den Funktionsbereich Adressbuch im Grundmenü Telefon und öffnen dieses (2. Mal).	25,8%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	3,2%	-	71%	S
1 8	SMS lesen	Grundmenü Service aufrufen <sup>14</sup>	2,17	12	41,7%	Anstatt im Grundmenü Service vermuten die Probanden den Funktionsbereich SMS in der Telefon-Applikation und öffnen diese (zweite Benutzung der SMS-Applikation).	25%	Keine konkrete Erwartung (Suchverhalten)	16,7%	-	58,3%	S

<sup>14</sup> Bei dieser Soll-Bedienhandlung wird der Schwellenwert von 3 bei diesem ihrem zweiten Auftreten nicht mehr überschritten. Sie ist hier aufgeführt, weil sie im Zusammenhang mit dem Mehrheitsmodell beim ersten Benutzen der SMS Applikation steht und beim zweiten Mal immer noch sehr viele Probanden damit Schwierigkeiten haben.

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
19	Audio-Mute	Mute-Taste drücken	3,55	12	41,7%	Die Probanden erwarten, das Einstellungs-Menü öffnen zu müssen, um die Audio-Ausgabe des Systems stumm schalten zu können, anstatt dies mit einem Druck auf die Taste „mute“ zu tun.	25 %	Ein Proband erwartet, das System ausschalten zu müssen, ein anderer erwartet die „stumm“-Funktion hinter der Taste „Zielansage wiederholen“ (gekennzeichnet mit einem Symbol)	8,3 %	8,3%	58,3 %	S
20	SMS lesen	Posteingang öffnen	16,82	12	91,7%	Um den Posteingang zu öffnen, erwarten die Probanden, den Softkey „neu“ drücken zu müssen. Stattdessen wäre es richtig, mit der Pfeiltaste „nach links“ in der Titelzeile vom Postausgang zum Posteingang zu blättern.	25 %	Um den Posteingang zu öffnen, erwarten die Probanden, den Softkey „Empf.“ drücken zu müssen.	25 %	41,7% (Suche)	8,3%	M
21	SI-Mimip	Anfangsbuchstaben wählen	15,83	12	91,7%	Probanden suchen im Menü, anstatt den gewünschten Anfangsbuchstaben entweder über die Pfeiltasten „links“/ „rechts“ oder direkt über die Zifferntasten anzuwählen.	50 %	Probanden erwarten, die Telefonnummer in der Telefonapplikation importieren zu können, anstatt in der Applikation Adressbuch, welche bereits aktiv ist.	33,3%	8,3%	8,3%	S <sup>15</sup>

<sup>15</sup> Struktur nicht alleinige Ursache: Auch ist das Mapping der Pfeiltasten "rechts"/ "links" zur Titelzeile der T-Struktur nicht eindeutig genug und wird so nicht erwartet.

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
2 2	ZE-Kar	alphanumerische Zieleingabe wählen	3,63	8	50%	Probanden suchen im Menü, anstatt den Menüpunkt „Zieleingabe“ zu wählen.	50 %	-	-	-	50%	S
2 3	SMS öff	Applikation SMS öffnen	4,3	12	58,3%	Probanden suchen im Menü, anstatt durch Drücken des Softkeys „Post“ den Funktionsbereich SMS zu öffnen.	41, 7%	Ein Proband erwartet, den Funktionsbereich SMS über den Softkey „WAP“ öffnen zu können.	8,3 %	8,3%	41,7 %	B
2 4	SMS AbsSp	Nachricht öffnen	8,38	8	62,5%	Probanden suchen auf der Menüebene des Posteingangs nach einer Möglichkeit, die Absendernummer zu speichern, anstatt zuerst durch Drücken der OK-Taste die Nachricht zu öffnen.	37, 5%	Ein Proband erwartet, den Menüpunkt „Absender“ über den Pfeil neben der SK-Beschriftung, anstatt über den Softkey selbst aktivieren zu können.	12, 5%	12,5%	37,5 %	S
2 5	SI-Mex p	Anfangsbuchstaben wählen <sup>16</sup>	4,17	6	50%	Probanden suchen im Menü, anstatt den Anfangsbuchstaben des gesuchten Eintrages anzuwählen.	33, 3%	-	-	16,7%	50%	S <sup>17</sup>
2 6	Nav Kar Ausr	Sks einblenden	3,18	11	54,6%	Probanden suchen im Menü, anstatt durch den Druck auf einen beliebigen Softkey verfügbare Menüoptionen einzublenden.	27, 3%	Probanden erwarten, über den Hardkey „MAP“ zu den Karteneinstellungen zu gelangen	18, 2%	9,1%	45,5 %	B

<sup>16</sup> Bei dieser Soll-Bedienhandlung ist die Mindestanforderung der Probanden-Zahl gleich acht nicht erfüllt. Sie wird auf Grund ihrer Analogie zu den anderen Soll-Bedienhandlungen "Anfangsbuchstaben wählen" trotzdem betrachtet.

<sup>17</sup> s. Anmerkung bei SIMimp "Anfangsbuchstaben wählen"

Nr	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Abw.-Indikatoren			Häufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Zweithäufigste abweichende Erwartung	Ant. Pbn	Anteil Pbn sonst. Erwtg	Anteil Pbn korr. Erwtg	Ursache
			Anz. Ist/Soll	N	% Pbn >1 Bedh.							
27	Zoom	Karte vergrößern	7,18	11	45,5%	Probanden suchen im Menü, anstatt über den Softkey „+“ den gezeigten Kartenausschnitt zu vergrößern.	27,3%	Probanden erwarten, über den Softkey „-“ den gezeigten Kartenausschnitt vergrößern zu können.	18,2%	-	54,6%	B
28	Nav Kar Ausr	Ansichts-Menü öffnen	5,1	10	30%	Probanden suchen im Menü, anstatt über den Softkey „Ansicht“, das nächste Untermenü zu öffnen.	20%	Ein Proband bemerkt die richtige Handlung nicht, fängt danach ebenfalls an, zu suchen.	10%	-	70%	B
29	TelB NrW ä	Anfangsbuchstaben auswählen	4,44	9	27,3%	Probanden suchen im Menü, anstatt den gewünschten Anfangsbuchstaben entweder über die Pfeiltasten „links“/ „rechts“ oder direkt über die Zifferntasten anzuwählen.	18,2%	Ein Proband erwartet, über die Pfeiltasten in orthogonaler Richtung („nach oben“/ „nach unten“) zum gewünschten Anfangsbuchstaben zu gelangen.	9,1%	-	72,7%	S <sup>18</sup>

<sup>18</sup> s. Anmerkung bei SIMimp "Anfangsbuchstaben wählen"

## II.b Ergebnisse der Studie A: Visualisierung der abweichenden mentalen Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung

In diesem Teil des Anhangs finden sich die grafischen Darstellungen der erwarteten Bedienabläufe im Vergleich zum konzeptuellen Modell der einzelnen Aufgaben für System A. Es sind nur die relevanten Ausschnitte der Aufgaben abgebildet und nur solche Aufgaben, für welche sich Abweichungen mit sehr hoher oder mittel hoher interindividueller Übereinstimmung ergaben (vgl. Tabelle 7-6).

Die grauen, dünnen Pfeile symbolisieren diejenigen Soll-Bedienhandlungen, welche mit den Erwartungen der Probanden übereinstimmten. Diese Soll-Bedienhandlungen überschritten nicht die in Schritt 3 der Auswertung (vgl. Abschnitt 3.2.3.3) angelegten Kriterien für bedeutsame Abweichungen zwischen mentalen Modellen und konzeptuellem Modell und es wurden keine Prozentzahlen für erwartete Bedienabläufe ermittelt. Ein grauer Pfeil zeigt also gleichzeitig den implementierten und den erwarteten Bedienablauf.

Alle schwarzen Pfeile zeigen erwartete Bedienabläufe für diejenigen Soll-Bedienhandlungen, für welche sich in Schritt 3 auffällige Abweichungen ergeben hatten. Die gestrichelten schwarzen Pfeile symbolisieren an diesen Stellen die mit dem System übereinstimmenden Erwartungen. Auf Grund seiner mit der implementierten Soll-Bedienhandlung übereinstimmenden Erwartung führte der hier angegebene Teil der Probanden die durch den gestrichelten Pfeil gezeigte Bedienhandlung korrekt aus und erreichte dadurch den angegebenen Systemzustand. Die schwarzen, durchgehenden Pfeile wiederum zeigen die vom implementierten Bedienablauf abweichenden Erwartungen. Der für diese Pfeile angegebene Anteil der Probanden führte die durch den Pfeil beschriebene Bedienhandlung in der Erwartung und Absicht aus, den angegebenen Systemzustand zu erreichen. Tatsächlich wurde der abgebildete Systemzustand durch die abweichende Erwartung jedoch nicht erreicht, sondern stellt den erwarteten, durch die Bedienhandlung beabsichtigten Systemzustand dar. In denjenigen Fällen, in denen ein anderer als der nächste tatsächlich implementierte Systemzustand erwartet wurde, ist dieser als kleinerer Kreis dargestellt. Für alle schwarzen Pfeile (Erwartungen) ist ihre Dicke jeweils proportional zu dem Anteil der Probanden, welcher diese Erwartung hatte, und repräsentiert so den Grad an interindividueller Übereinstimmung in den Erwartungen der Probanden. Die zu den Pfeilen angegebenen Prozentzahlen sind jeweils gerechnet von der Anzahl an Probanden, welche einen Systemzustand erreicht hatten und von diesem aus agierten (angegeben in schwarzen Rechtecken).

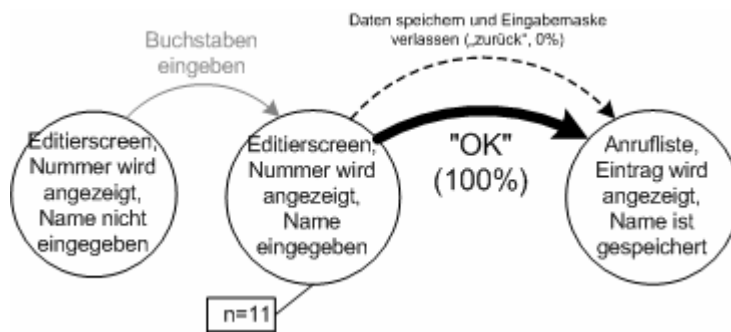


Abbildung 7-3: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die letzten beiden Soll-Bedienhandlungen der Aufgabe TelNrSp in System A (Nr. 1 in Tabelle 7-6)

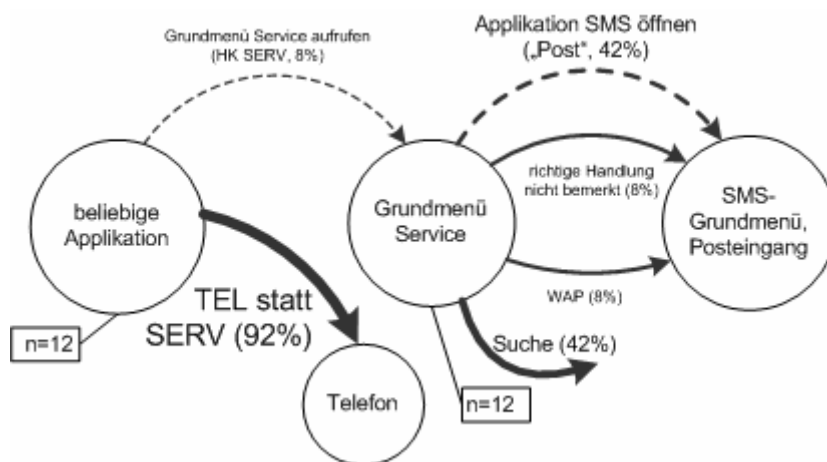


Abbildung 7-4: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Aufgabe SMSöff in System A (Nr. 2 in Tabelle 7-6)

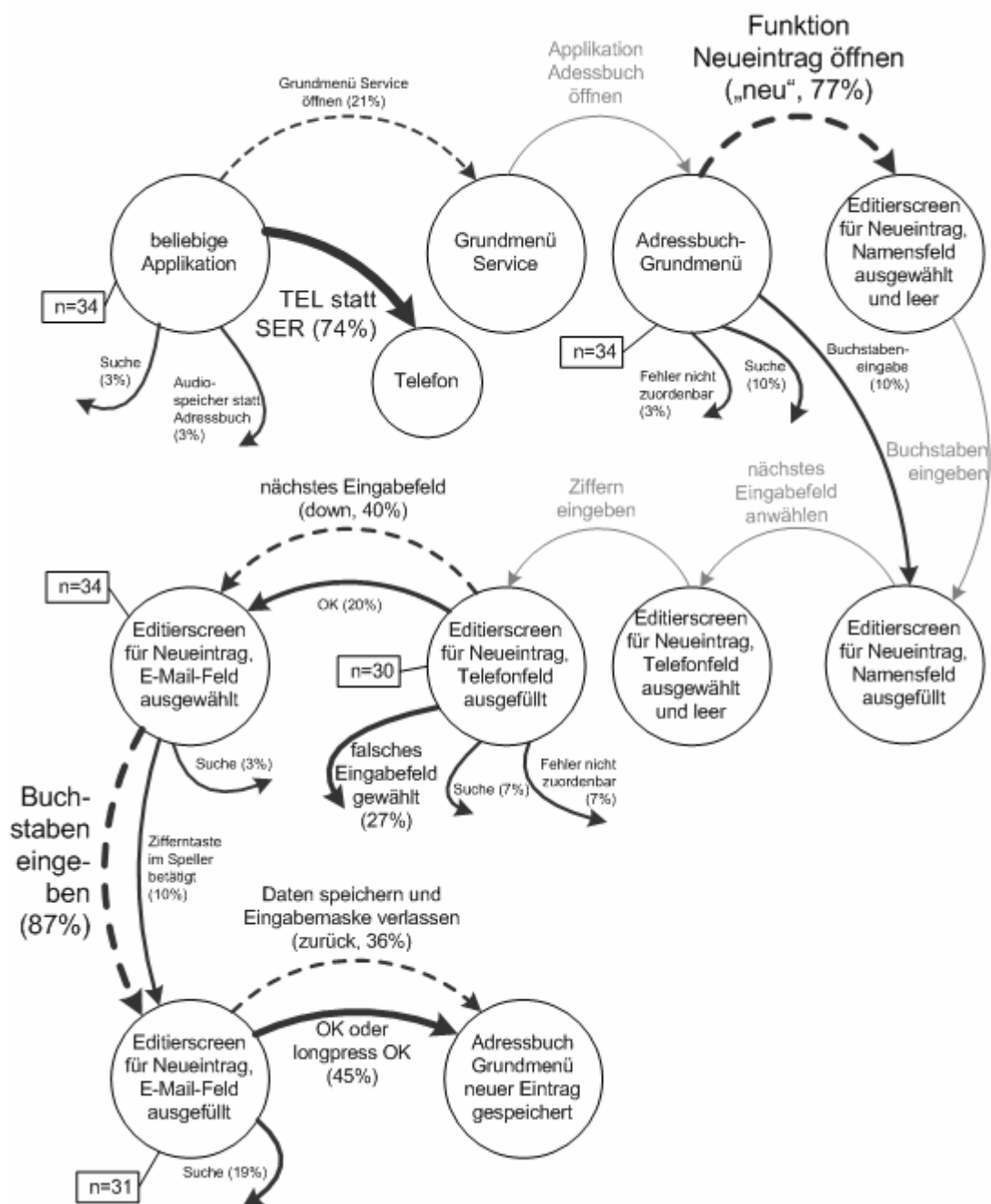


Abbildung 7-5: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Aufgabe ABNeu in System A (Nr. 3, 9 und 16 in Tabelle 7-6)



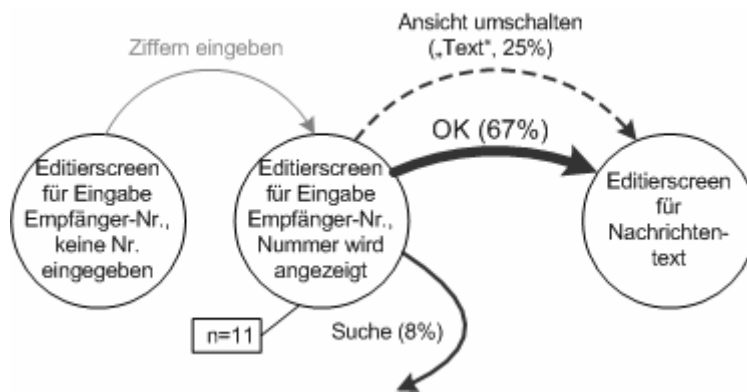


Abbildung 7-6: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSschr in System A (Nr. 4 in Tabelle 7-6)

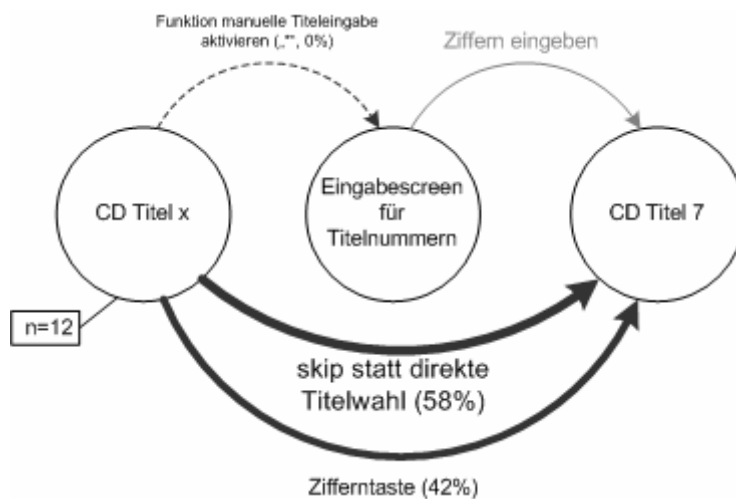


Abbildung 7-7: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe CDTiDir in System A (Nr. 5 in Tabelle 7-6)

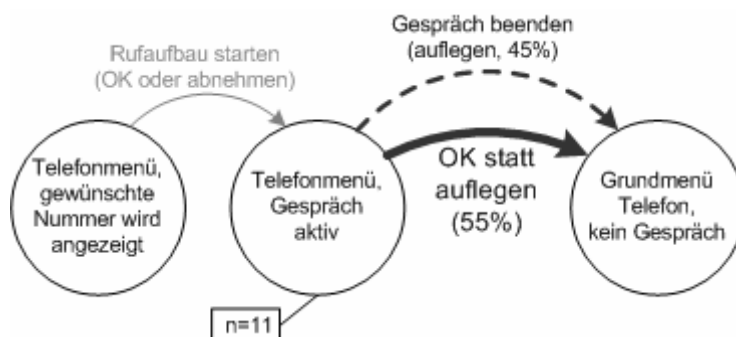


Abbildung 7-8: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe TelAnr in System A (Nr. 6 in Tabelle 7-6)

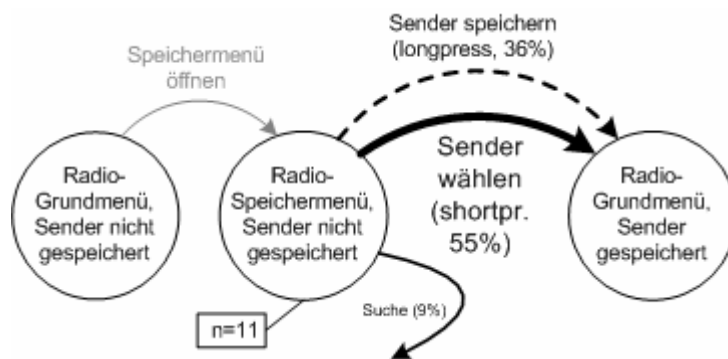


Abbildung 7-9: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe RSenSp in System A (Nr. 7 in Tabelle 7-6)

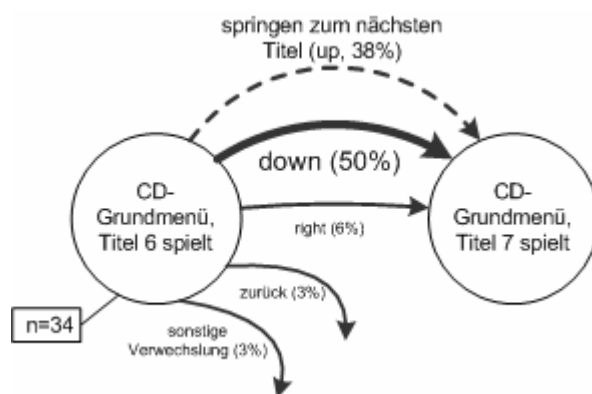


Abbildung 7-10: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe CDskip in System A (Nr. 8 in Tabelle 7-6)

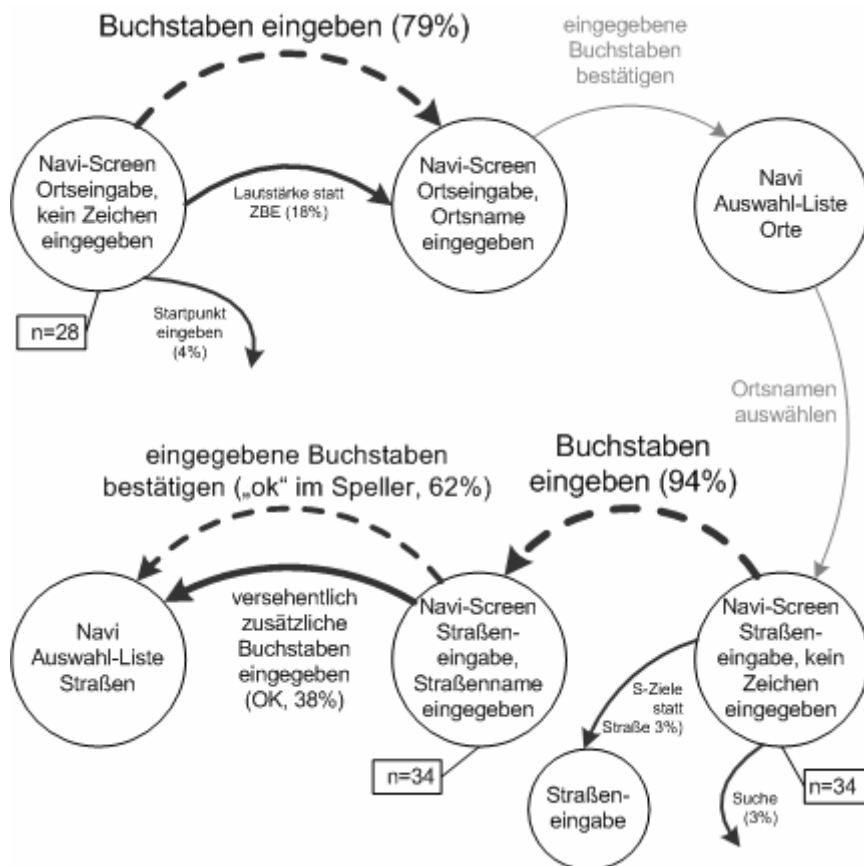


Abbildung 7-11: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZEalph in System A (Nr. 10 in Tabelle 7-6)

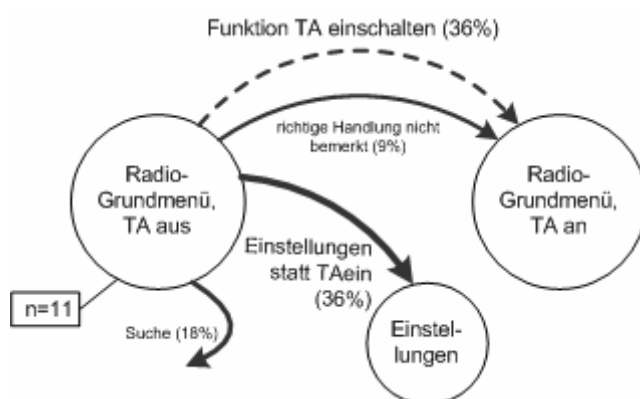


Abbildung 7-12: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe TPein in System A (Nr. 11 in Tabelle 7-6)

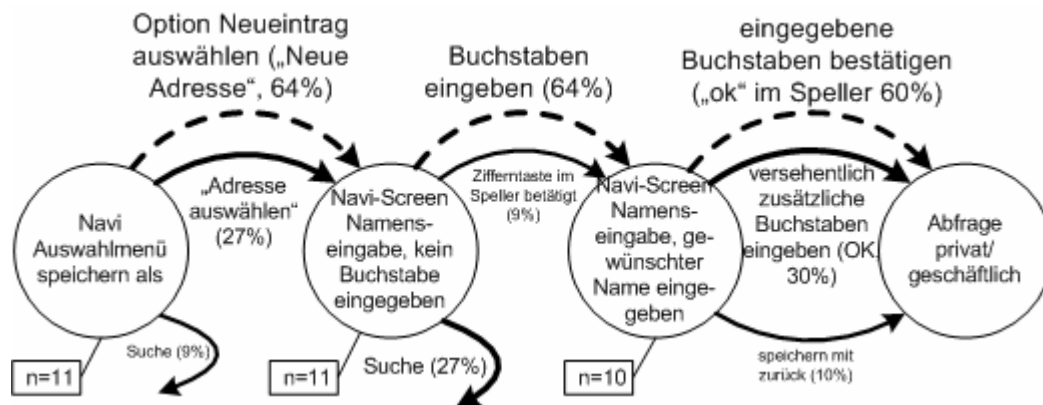


Abbildung 7-13: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZSpNeu in System A (Nr. 12 & 15 in Tabelle 7-6)

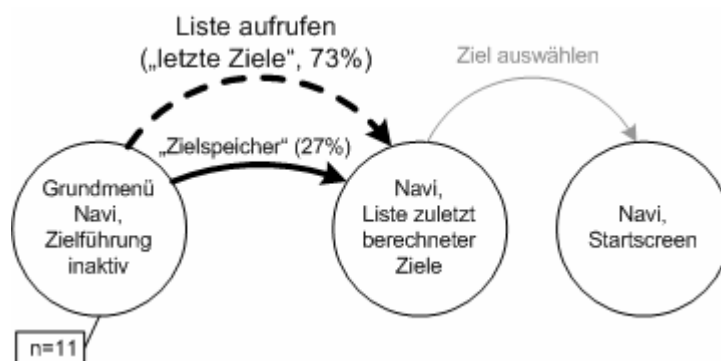


Abbildung 7-14: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZEletzte in System A (Nr. 14 in Tabelle 7-6)

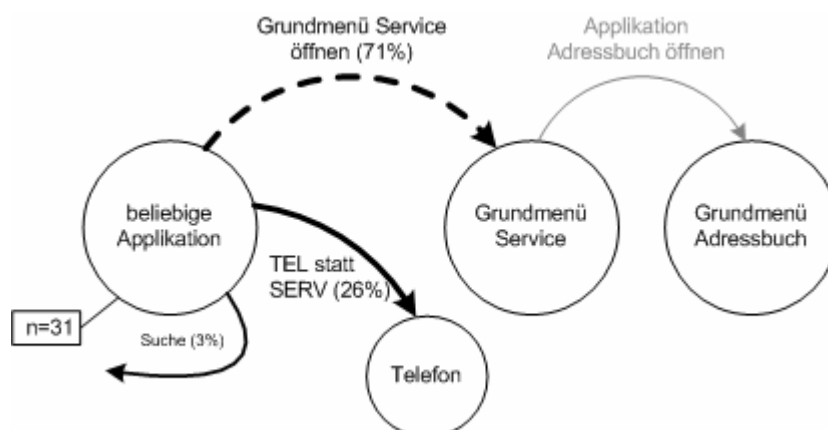


Abbildung 7-15: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe EintrLösch in System A (Nr. 17 in Tabelle 7-6)

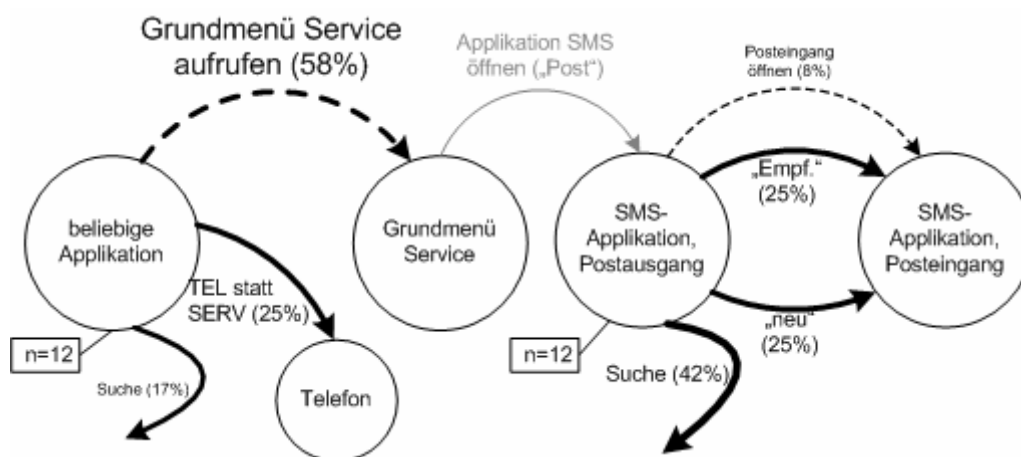


Abbildung 7-16: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSlesen in System A (Nr. 18 in Tabelle 7-6)

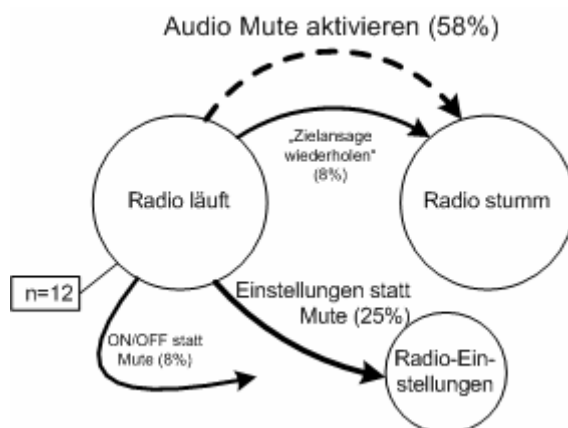


Abbildung 7-17: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe AudioMute in System A (Nr. 19 in Tabelle 7-6)

### III Anhang III: Details zu Vorhersagen der Studie B

Im Folgenden wird beschrieben, für welche der Soll-Bedienhandlungen des Systems B auf Grund der Abweichungen zwischen Erwartungen und System Fehlbedienungen vermutet wurden und welcher Art diese Fehlbedienungen vermutlich sein würden. Für einige Soll-Bedienhandlungen des Systems B existierten zudem Schätzungen für die Höhe der Prozentsätze, mit denen verschiedene Erwartungen für diese Soll-Bedienhandlungen auftreten würden. Die Reihenfolge entspricht der Einteilung des Vier-Felder-Schemas (vgl. Abschnitt 4.2.3.1).

#### III.a Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B die gleichen Fehlbedienungen wie in A vorhergesagt wurden

Für die folgenden zwei Soll-Bedienhandlungen wurden in System B die gleichen Abweichungen, d.h. die gleichen Fehlbedienungen erwartet, welche auch in System aufgetreten waren. Bei diesen Soll-Bedienhandlungen weichen die Bedienabläufe des Systems A ab von den Erwartungen der Benutzer, stimmen aber mit den Bedienabläufen des Systems B überein. Tabelle 7-7 beschreibt die vorhergesagten Abweichungen/ Fehlbedienungen für diese Soll-Bedienhandlungen.

Tabelle 7-7: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B die gleichen Fehlbedienungen wie in A vorhergesagt wurden

Vorh.	Aufgabe	Soll-Bedienhandlung	Vorhergesagte Abweichung/ Fehlbedienung	Ant. Pbn
V1	RSenSp	Speicherplatz bestätigen	Wie bei System A wählt die Mehrheit der Probanden durch einen kurzen Druck den Radiosender aus, anstatt über langen Druck den Speicherplatz zu bestätigen. Der Anteil ist höher als bei System A, weil keine Stationstasten vorhanden sind, welche das Speichern in System A erleichterten.	hoch
V2	ZEletzte	Liste mit zuletzt berechneten Zielen aufrufen	Probanden verwechseln in System B die Bezeichnung „Aus letzte Ziele“ mit „Aus Speicher“. Dies geschieht weniger häufig als die Verwechslung von „Letzte Ziele“ mit „Zielspeicher“ in System A, da die Bezeichnungen in B unterschiedlicher sind.	niedrig

### III.b Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B „neue“ Fehlbedienungen vorhergesagt wurden

Für die folgenden acht Soll-Bedienhandlungen werden in System B „neue“ Abweichungen erwartet, d.h. Fehlbedienungen, welche in System A nicht aufgetreten waren. Bei diesen Soll-Bedienhandlungen stimmen die Bedienabläufe des Systems A mit den Erwartungen der Benutzer überein und die Bedienabläufe des Systems B weichen von denen des Systems A ab. Tabelle 7-8 beschreibt die vorhergesagten Abweichungen/ Fehlbedienungen für diese Soll-Bedienhandlungen.

Tabelle 7-8: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B „neue“ Fehlbedienungen vorhergesagt wurden

<b>Vorh.</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Soll-Bedienhandlung</b>	<b>Vorhergesagte Abweichung/ Fehlbedienung</b>	<b>Ant. Pbn</b>
V3	CDstar	CD-Slot auswählen	Anstatt wie bei System A die CD einfach einlegen zu können, ist es bei System B erforderlich, zunächst über einen Tastendruck am DVD-Wechsler ein Fach im Wechsler auszuwählen, in welche die CD eingelegt werden soll. Die Probanden erwarten diese vorausgehende Bedienhandlung nicht und versuchen, die CD ohne vorherigen Tastendruck einzulegen. (Struktur) Einige Probanden werden zuerst das Audio-Menü aufrufen (ca. 20%).	hoch
V4	ZEalph	Ortsteil bestätigen	Nach Bestätigung des gewünschten Ortes in der Auswahlliste ist es auf Grund der Mehrdeutigkeit des in der Aufgabe vorgegebenen Ortsnamens („München“) erforderlich, in einer Subliste durch eine weitere Listenauswahl den genauen Ortsteil zu bestätigen. Statt dieses zusätzlichen Schrittes erwarten die Probanden hier den Wechsel zur Straßeneingabe und verstehen den Inhalt der sich öffnenden Unterliste nicht. Durch zusätzliche Bedienhandlungen werden die Probanden versuchen, den Inhalt dieser Liste zu verstehen.	mittel hoch
V5	EintrLösch	Namensliste öffnen	Um einen Eintrag aus dem Adressbuch löschen zu können, muss zunächst über „Suchen“ die Liste mit allen Einträgen geöffnet werden. Die Probanden erwarten nicht, zuerst einen Menüpunkt mit der Bezeichnung „Suchen“ bestätigen zu müssen, sondern erwarten eine Option „Löschen“ im Grundmenü, sobald der Eintrag angezeigt wird.	hoch
V6	TelBNrWä	Obermenü Tel öffnen	Nach dem Öffnen des SMS-Grundmenüs durch Bestätigen des Menüpunktes „Tel“, ist es erforderlich, diesen Menüpunkt ein weiteres Mal zu bestätigen, um die Liste des Obermenüs herunter zu klappen und so entweder zum Telefon-Menü oder zum Adressbuch zu gelangen. Ein zweites Bestätigen des Menüpunktes „Tel“ wird von den	hoch

Vorh.	Aufgabe	Soll-Bedienhandlung	Vorhergesagte Abweichung/ Fehlbedienung	Ant. Pbn
			Probanden nicht erwartet, stattdessen werden die Probanden im Menü nach einem Weg suchen, zu den gespeicherten Telefonnummern zu gelangen.	
V7	SMSschr	SMS-Verzeichnis öffnen	Um eine SMS-Nachricht an eine gespeicherte Telefonnummer zu senden, muss nach dem Öffnen des Editier-Bildschirms ein Symbol der untersten Menüzeile bestätigt werden, mit dem das Telefonbuch geöffnet wird. Das Symbol wird auf Grund seiner geringen Größe für die Probanden nicht eindeutig als Telefonbuch-Symbol zu erkennen sein und wird auf Grund seiner Position im Menü nicht auf Anhieb gefunden werden. Die Probanden werden im Menü nach dem Telefonbuch suchen.	hoch
V8	SMSAbsSp	Optionen-Menü öffnen	Um die Absender-Nummer einer eingegangenen SMS-Nachricht zu speichern, muss in der geöffneten Nachricht das ZBE heruntergedrückt werden, um ein Optionen-Menü zu öffnen. Ein Hinweis auf dieses Menü ist nicht vorhanden. Probanden werden auf Grund des fehlenden Bezeichnung keine konkrete Erwartung darüber haben, wie sie zur Funktion „speichern“ gelangen können und werden daher im Menü nach Optionen suchen.	hoch
V9	TelNrSp	Tel-Kategorie übernehmen	Um festzulegen, unter welcher Kategorie die Telefonnummer abgespeichert werden soll, ist es notwendig, nach dem Markieren der Kategorie diese durch Bestätigen von „Speichern“ im gleichen Menü zu übernehmen, um zum nächsten Schritt zu gelangen.	hoch
V10	SMSAbsSp	Tel-Kategorie übernehmen	Da die Festlegung der Kategorie vor der Eingabe der eigentlichen Daten erfolgt und die Probanden also noch nicht erwarten, an dieser Stelle schon den Speichervorgang abzuschließen, sondern nur, zum nächsten Schritt weiterzugehen, wird die Bezeichnung „Speichern“ den Erwartungen der Probanden widersprechen und sie werden diesen Menüpunkt nicht als geeignet erachten. Stattdessen werden sie nach einer Möglichkeit suchen, zur Dateneingabe zu gelangen. Beim zweiten Auftreten dieser Soll-Bedienhandlung wird der Anteil der suchenden Probanden geringer sein.	mittel hoch

### III.c Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B andere Fehlbedienungen als in A vorhergesagt wurden

Für die folgenden 14 Soll-Bedienhandlungen wurden in System B andere Abweichungen, d.h. Fehlbedienungen, erwartet, als in A aufgetreten waren. Bei diesen Soll-Bedienhandlungen weicht der Bedienablauf des Systems A von den Erwartungen der Benutzer ab. System B



hat einen anderen Bedienablauf als A und dieser Bedienablauf weicht ebenfalls von den Erwartungen ab, aber in anderer Weise als der Bedienablauf des Systems A.

Tabelle 7-9: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B andere Fehlbedienungen als in A vorhergesagt wurden

<b>Vorh.</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Soll-Bedienhandlung</b>	<b>Vorhergesagte Abweichung/ Fehlbedienung</b>	<b>Ant. Pbn</b>
V11	SMSlesen	Obermenü „Tel“ öffnen	Um zu den Funktionsbereichen SMS oder Adressbuch zu gelangen, ist es notwendig, nach dem Öffnen der Telefonapplikation über den Menüpunkt „Tel“, diesen Menüpunkt ein weiteres Mal zu bestätigen. Daraufhin öffnet sich eine Liste mit der Möglichkeit, weitere Funktionsbereiche aus dem Bereich Kommunikation auszuwählen. Die Probanden werden nicht erwarten, den Menüpunkt „Tel“ ein weiteres Mal bestätigen zu müssen, da sowohl SMS als auch Adressbuch als Unterfunktionen des Telefons und damit im Telefon-Grundmenü erwartet werden. Da der Menüpunkt zudem keinen Hinweis darauf bereithält, dass sich dahinter beim zweiten Bestätigen eine Liste befindet, werden die Probanden im Telefon-Grundmenü nach den Funktionsbereichen SMS bzw. Adressbuch suchen, beim ersten Mal häufiger als bei den späteren Aufgaben.	sehr hoch
V12	ABneu	Obermenü „Tel“ öffnen		hoch
V13	SMSschr	Obermenü „Tel“ öffnen		mittel hoch
V14	ZSpNeu	Nächstes Eingabefeld wählen	Um nach der Eingabe von Daten in ein Feld eines Menüs mit mehreren Eingabefeldern zum nächsten Eingabefeld zu gelangen, ist es erforderlich, entweder ein Pfeilsymbol „nach unten“ im Speller zu bestätigen oder den Speller zu schließen und das Formular durch Drehen des ZBE weiterzuscrollen. Die Benutzer erwarten jedoch, durch „OK“ die Eingabe für dieses Feld abschließen und zum nächsten Feld wechseln zu können. Die Probanden werden also „OK“ im Speller bestätigen und so stattdessen versehentlich den Speichervorgang vorzeitig abschließen.	mittel hoch
V15	ABneu	Nächstes Eingabefeld wählen (Tel.-Nr.)		hoch
V16	ABneu	Nächstes Eingabefeld wählen (Str.)		mittel hoch
V17	ABneu	Nächstes Eingabefeld wählen (Stadt)		mittel hoch
V18	SMSschr	Nächstes Eingabefeld wählen		mittel hoch
V19	SMSAbsSp	Nachricht öffnen	Um die Absendernummer einer eingegangenen SMS-Nachricht abzuspeichern ist es notwendig, die Nachricht zunächst zu öffnen. Die Benutzer erwarten, bereits in der Übersicht des Posteingangs, die Option zum Speichern der Nummer zu finden. So werden die Probanden das Optionen-Menü des Posteingangs öffnen, anstatt zu-	mittel hoch

Vorh.	Aufgabe	Soll-Bedienhandlung	Vorhergesagte Abweichung/ Fehlbedienung	Ant. Pbn
			nächst die Nachricht selbst.	
V20	ZEalph	Buchstaben eingeben (Ort)	Bei der Eingabe des vorgegebenen Ortes („München“), wird nach der Eingabe von M-Ü-N-C das H automatisch vom System ergänzt. Die Benutzer bemerken dies nicht und erwarten, jeden Buchstaben einzeln eingeben zu müssen. Ein Teil der Probanden wird daher per Hand ein zweites H eingeben.	mittel hoch
V21	CDskip	Springen zum nächsten Titel	Bei dieser Aufgabe ist die skip-Funktion noch unbekannt. Da der Cursor als Hinweis im Menü nicht leicht zu sehen ist, werden einige Probanden die Funktion zunächst suchen, z.B. in Form eines Hardkeys. Die Richtung ist mit vorwärts =rechts, und rückwärts = links erwartungsgemäß abgebildet und bereitet keine Probleme.	niedrig
V22	CDTiDir	Titelliste öffnen	Um einen Titel auf einer CD direkt auszuwählen, ist es notwendig, die Titelliste zu öffnen, in welcher der gewünschte Titel dann aktiviert werden kann. Die Probanden werden wie in System A größtenteils die dann schon bekannte Skip-Funktion verwenden. Anders als in System A die Sternchen-Taste, bereitet jedoch das Öffnen der Titelliste keine Schwierigkeiten und wird auch genutzt werden (20%).	hoch
V23	Zoom	Karte vergrößern	Um den gezeigten Kartenausschnitt zu vergrößern (= kleinerer Maßstab), muss das ZBE entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht werden. Da sich kein Hinweis im Menü auf diese Funktion findet, werden die Probanden keine konkreten Erwartungen bilden können, wie diese Funktion zu bedienen ist und im Menü danach suchen. Beim Suchen wird ein Teil der Proband durch Zufall die Funktion finden. Nachdem die Funktion gefunden wurde, werden die meisten Probanden einen positiven „Aha-Effekt“ erleben und die Bedienung der Funktion sehr leicht finden. Um gezielt zu vergrößern, wird jedoch ein Großteil (mehr als 50%) der Probanden die umgekehrte Richtung erwarten, nämlich durch Drehen nach rechts (im Uhrzeigersinn) die Vergrößerung zu erreichen.	hoch
V24		Tippfehlerkorrektur	Zum Löschen des zuletzt eingegebenen Zeichens muss ein Symbol (der Buchstabe „c“ als Abkürzung für „clear“, umrandet von einem Rechteck) ganz unten rechts im Speller bestätigt werden. Die Benutzer erwarten jedoch einen Menüpunkt mit einer eindeutigen Bezeichnung, welcher sich sehr nahe an der Buchstabeneingabe befindet. Viele werden daher im Menü suchen. Die Verwechslung mit dem Menüpunkt „zurück“ wird sehr viel seltener als in System A auftreten, da dieser Menüpunkt in System B eindeutiger links im Menü angeordnet ist.	hoch

### III.d Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B keine Fehlbedienungen vorhergesagt wurden

Für die folgenden elf Soll-Bedienhandlungen wurden in System B, anders als in System A, keine Abweichungen/ Fehlbedienungen erwartet. Bei diesen Soll-Bedienhandlungen weicht der Bedienablauf des Systems A von den Erwartungen ab und System B hat einen anderen Bedienablauf als A. Dieser Bedienablauf des Systems B stimmt mit der Erwartung überein.

Tabelle 7-10: Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B keine Fehlbedienungen vorhergesagt wurden

<b>Vorhers.</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Soll-Bedienhandlung</b>	<b>Erwartung der Probanden</b>
V25	TelNrSp	Daten speichern und Eingabemaske verlassen	Zum Abschließen eines Speichervorgangs erwarten die Probanden, „OK“ drücken zu können. Ein solcher Menüpunkt ist in System B vorhanden und hat, anders als in System A auch die erwartete Funktion.
V26	ABneu	Daten speichern und Eingabemaske verlassen	
V27	TelAnr	Gespräch beenden	Zum Beenden eines Telefongesprächs erwarten die Probanden, „OK“, bzw. die gleiche Taste drücken zu können wie zum Starten des Rufaufbaus. In System B wird durch Drücken des ZBE im Menü das Symbol für „auflegen“ bestätigt und so das Gespräch wie erwartet beendet.
V28	TelNrSp	Verpasste Nummern öffnen	Die Auswahl der richtigen Anrufliste erfolgt in System B über eine vertikale Liste, in welcher die Bewegung des Bedienelements entsprechend den Erwartungen der Probanden im Menü abgebildet wird.
V29	TelBNrWä	Anfangsbuchstaben auswählen	Die Eingabe des Anfangsbuchstabens erfolgt in System B über einen Speller, in welchem die Bewegung des Bedienelementes entsprechend den Erwartungen der Probanden abgebildet wird. Zudem entspricht die Anordnung der Einträge mit verschiedenen Anfangsbuchstaben untereinander in einer vertikalen Liste in System B den Benutzererwartungen, anders als die horizontale Anordnung in System A.

Vorhers.	Aufgabe	Soll-Bedienhandlung	Erwartung der Probanden
V30	SMSlesen	Applikation SMS öffnen <sup>19</sup>	Die Bezeichnung „Nachrichten“ zum Öffnen der SMS-Funktionalität in System B entspricht, anders als „Post“ in System A, den Erwartungen der Probanden.
V31	SMSschr	Applikation SMS öffnen	
V32	SMSlesen	Posteingang öffnen	Das Öffnen des Posteingangs erfolgt in System B über ein horizontales Menü, in welchem alle Einträge sichtbar sind und in welcher die Bewegung des Bedienelements entsprechend den Erwartungen der Probanden abgebildet wird.
V33	ZSpNeu	Option Neueintrag wählen	Um ein Navigationsziel als neuen Eintrag unter einem bestimmten Namen im System abzuspeichern, erwarten die Probanden einen Menüpunkt mit einer zu dieser Absicht passenden Bezeichnung. Der Menüpunkt „Mit Namen speichern“ des Systems B entspricht dieser Erwartung, anders als die Bezeichnung „Neue Adresse“ in System A.
V34	ZSpNeu	Eingegebene Buchstaben bestätigen	Zum Bestätigen der eingegebenen Buchstaben erwarten die Probanden, „OK“ drücken zu können. In System B existiert nur ein Menüpunkt mit dieser Bezeichnung, welcher auch den erwarteten Effekt hat. Anders als in System A liegt die Verwechslung mit dem Bestätigen des ZBE zur Auswahl eines weiteren Buchstabens nicht nahe, weil das ZBE nicht ebenfalls mit „OK“ bezeichnet ist.
V35	ZEalph	Straßennamen bestätigen	

### III.e Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B ebenfalls Übereinstimmung zwischen system-unabhängigen Erwartungen und Bedienabläufen angenommen wurde

Für die übrigen 111 Soll-Bedienhandlungen stimmten die Bedienabläufe in System A sowohl mit den Erwartungen der Benutzer, als auch mit den Bedienabläufen des Systems B überein. Daher wurden für System B für die übrigen keine Abweichungen zwischen Erwartungen und System vorhergesagt.

<sup>19</sup> Das Öffnen des Funktionsbereichs SMS war in Studie B keine separate Bedienaufgabe (wie in Studie A), sondern Teil der Aufgaben SMSlesen und SMSschr.

## IV Anhang IV: Details zu den Ergebnissen der Studie B

### IV.a Ergebnisse der Studie B: Soll-Bedienhandlungen mit bedeutsamen Abweichungen

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse zu den Soll-Bedienhandlungen des Systems B mit Bezug auf die eingangs formulierten Vorhersagen. Es sind die jeweiligen Werte der Parameter zu den Abweichungsindikatoren angegeben.

Tabelle 7-11: Ergebnisse zu Soll-Bedienhandlungen des Systems B, für welche sich die Vorhersagen voll oder teilweise bestätigten, geordnet absteigend nach Grad der interindivid. Übereinstimmung der Erwartung; weiß=voll, grau=teilweise bestätigt; B=Bezeichnung, S=Struktur, M=Mapping

Vorher s.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Vorhergesagte Abweichung	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen der Probanden	Ant. Pbn	Ant. Pbn sonst. Erw.	Ant. Pbn korrr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
V14	ZSpNeu	Nächstes Eingabefeld anwählen	5,31	13 <sup>20</sup>	84,6 %	Ok statt nächstes Feld	0%	ZBE schieben nach „unten“	84,6 %	-	15,4 %	M
V1	RSenSp	Speicherplatz bestätigen	5,13	17 <sup>21</sup>	82,4 %	Sender wählen statt Sender speichern	76,5 %	Suche	5,9 %	-	17,6 %	B
V3	CDStar	CD-Slot auswählen	8	20	95%	CD einlegen statt Fach anwählen	70%	Audio-Menü öffnen	20 %	5%	5%	S

<sup>20</sup> Die übrigen sieben Probanden geben den Nachnamen in das falsche Feld ein ("Vorname"), bemerken den Fehler nicht und versuchen so einen Wechsel zum nächsten Feld nicht

<sup>21</sup> Diesen Bedienpfad wählten 19 Probanden, wobei zwei davon schon vor der Soll-Bedienhandlung "Speicherplatz bestätigen" scheiterten und sie deshalb nicht ausführen konnten. 14 der übrigen 17 Probanden führten mehr als eine Bedienhandlung aus und zwölf schafften es nicht, sie zu lösen.

Vorher s.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Vorhergesagte Abweichung	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen der Probanden	Ant. Pbn	Ant. Pbn sonst. Erw.	Ant. Pbn korr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
V22	CDTi Dir	Titelliste öffnen	3,32	19	78,9 %	skip statt Titelliste	68,4 %	Zifferntaste (übrige: press im Spielfeld)	5,3 %	5,3%	21,1 %	
V4	ZEalphan	Ortsteil bestätigen	4,1	20	50%	Suche	0%	Subliste schließen	50 %	-	50%	S
V15	Abneu	Nächstes Eingabefeld auswählen (Tel)	10,25	20 <sup>22</sup>	75%	Ok statt nächstes Feld	40%	ZBE schieben nach „unten“	25 %	10%	25%	B/M
V16	Abneu	Nächstes Eingabefeld auswählen (Str)	5,5	20 <sup>23</sup>	70%	Ok statt nächstes Feld	35%	ZBE schieben nach „unten“	20 %	15%	30%	B/M
V17	Abneu	Nächstes Eingabefeld auswählen (Stadt)	6,4	20	70%	Ok statt nächstes Feld	45%	Suche	10 %	10%	35%	B/M
V18	SMSschr	Nächstes Eingabefeld auswählen	3,07	14	42,9 %	Ok statt nächstes Feld	21,4 %	Suche (Schieben nach „unten“: 7,1%)	7,1 %	14,2%	57,1 %	B/M
V19	SMS AbsSp	Nachricht öffnen	6,2	20	60%	Optionen-Menü statt Nachricht öffnen	35%	Suche	15 %	10%	40%	S
V20	ZEalphan	Buchstaben eingeben (Ort)	5,8	20	80%	Buchstaben eingeben statt automatische Vervollständigung	35%	Umlaut als zwei Buchstaben	45 %	-	20%	

<sup>22</sup> Acht Probanden lösen die Soll-Bedienhandlung nicht

<sup>23</sup> Sechs Probanden lösen die Soll-Bedienhandlung nicht

Vorher s.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Vorhergesagte Abweichung	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen der Probanden	Ant. Pbn	Ant. Pbn sonst. Erw.	Ant. Pbn korrr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
V5	EintrL ösch	Namensliste öffnen	5	15	46,7 %	Suche	6,7 %	Eintrag im Grundmenü anwählen/öffnen	40 %	-	53,3 %	B/S
V6	TelBN rWä	Obermenü Tel öffnen	3,9	20	35%	Suche	20%	Anrufen als Funktion im Posteingang erwartet	10 %	5%	65%	S
V7	SMSs chr	SMS-Verzeichnis öffnen	4	15	46,7 %	Suche	20%	Feld-Beschriftung „An“ bestätigen	13,3 %	13,3%	53,3 %	B
V8	SMS AbsS p	Optionen-Menü öffnen	3,5	20	50%	Suche	40%	richtige Handlung nicht erkannt	5%	5%	50%	B
V9	TelNr Sp	Tel-Kategorie übernehmen	3,45	20	40%	Suche	0%	Tel-Kategorie auswählen statt übernehmen (übrige: Menü schließen)	20 %	20%	60%	M
V11	SMSI esen	Obermenü „Tel“ öffnen	10,2	20	95%	Suche	55%	SMS-Symbol in Statuszeile anwählen	20 %	20%	5%	S
V12	AB- neu	Obermenü „Tel“ öffnen	4,65	20	60%	Suche	25%	Eintrag in Navi anlegen	25 %	5%	45%	S
V13	SMSs chr	Obermenü „Tel“ öffnen	3,15	20	40%	Suche	25%	Spielfeldbedienung	10 %	15%	50%	S
V23	Zoom	Karte vergrößern	8,4	20	95%	Suche; Verwechslung der Richtung <sup>24</sup>	60%	Maßstab-Symbol anwählen	20 %	15%	5%	M

<sup>24</sup> Von 20 Probanden drehen elf (=55%) zuerst nach rechts, um zu vergrößern und zwei (=10%) zuerst nach links (übrige: nicht feststellbar)

Vorher s.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Vorhergesagte Abweichung	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen der Probanden	Ant. Pbn	Ant. Pbn sonst. Erw.	Ant. Pbn korr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
V24		Korrektur erster Tippfehler				Suche	15%	zurück statt löschen (Menü 15%, HK 15%); Eingabemarke versetzen 20%	30 %	20%	35%	B
V25	TelNr Sp	Daten speich. & Eingabemaske verlassen	1,15	20	15%	keine	-					
V26	AB-neu	Daten speich. & Eingabemaske verlassen	1,75	20	10%	keine	-					
V27	Te-IAAnr	Gespräch beenden	1	20	0%	keine	-					
V28	TelNr Sp	Anrufliste öffnen	1,55	20	10%	keine	-					
V29	TelBN rWä	Anfangsbuchst. auswählen	1	5	0%	keine	-					
V30	SMSI esen	Applikation SMS öffnen	1,35	20	0%	keine	-					
V31	SMSs chr	Applikation SMS öffnen	1	16	0%	keine	-					
V32	SMSI esen	Posteingang öffnen	1	20	0	keine	-					
V33	ZSpNeu	Option Neu-eintrag wählen	2	20	15%	keine	-					
V34	ZSpNeu	Eingegebene Buchst. bestät.	1,1	20	10	keine	-					



Vorher s.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Vorhergesagte Abweichung	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen der Probanden	Ant. Pbn	Ant. Pbn sonst. Erw.	Ant. Pbn korr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
V35	ZEalphan	Straßennamen bestätigen	1	20	0%	keine	-					

Tabelle 7-12: Ergebnisse zu Soll-Bedienhandlungen des Systems B, für welche Abweichungen vorhergesagt waren, aber nicht eintraten

Vorhers.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Vorhergesagte Abweichung	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen der Probanden	Ant. Pbn	Ant. Pbn, sonst. Erw.	Ant. Pbn korr. Erw.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1						
V2	ZEletzte	Liste „letzte Ziele“ aufrufen	1,37	19	10,5 %	„Aus Speicher“ statt „Aus letzte Ziele“	-	-	-	-	89,5 %
V10	SMSAbsSp	Tel-Kategorie übernehmen	1,25	20	15%	Suche	-	-	-	-	85%
V21	CDskip	Springen	2,56	19	21,1 %	Suche	-	-	-	-	78,9 %

Tabelle 7-13: Ergebnisse zu Soll-Bedienhandlungen, für welche in System B keine Abweichungen vorhergesagt wurden, welche sich aber als abweichend erwiesen, geordnet absteigend nach Grad der interindivid. Übereinstimmung der Erwartung

Vorhers.	Aufg.	Soll-Bedienhandlung	Parameter			Häufigste Erwartung der Probanden	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen	Ant. Pbn	Ant. Pbn, sonst. Erw.	Ant. Pbn korr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
-	EintrL	Optionen-	6,07	15	53,	Eintrag in Namensliste	53,3	-	-	-	46,7	S

Vor- hers.	Aufg.	Soll-Bedien- handlung	Parameter			Häufigste Erwartung der Probanden	Ant. Pbn	Weitere Erwartungen	Ant. Pbn	Ant. Pbn, sonst. Erw.	Ant. Pbn korr. Erw.	Urs.
			Anz. Ist/ Soll	N	% Pbn >1							
	ösch	Menü öffnen			3%	öffnen	%				%	
-	ZEalp h	Zieleingabe- Menü öffnen	4,6	20	65 %	Suche	50%	Menü „Guide“ öffnen	10%	5%	35%	
-	SMSI esen	Nachricht öffnen	4	20	55 %	Suche (Verwirrung durch Abkürzung rechts)	45%	Schieben nach rechts, um Nachricht zu öffnen	5%	5%	45%	M
-	TelNr Sp	Anruflisten- Menü öffnen	5,8	20	60 %	gewählte Nummern öff- nen	25%	Suche	25%	10%	40%	B
-	TelNr Sp	Optionen- Menü öffnen	5,2	20	55 %	Rufaufbau starten	35%	drehen statt schieben in T-Struktur	20%	-	45%	B
-	CDst ar	CD einlegen	4,88	20	75 %	CD einlegen während „load all“-Prozess	35%	Suche	25%	15%	25%	B
-	SMSI esen	Grundmenü Tel öffnen	2,15 <sup>25</sup>	20	60 %	Briefumschlag-Icon an- wählen	35%	Sonstige Verwechslung	25%	-	40%	S
-	ZSpN eu	Funkt. spei- chern starten	3,1	20	25 %	Suche	15%	richtige Bedienhand- lung nicht bemerkt	10%	-	75%	

<sup>25</sup> Die bei dieser Soll-Bedienhandlung aufgetretenen Fehlbedienungen lassen sich durch eine einzige Bedienhandlung ausgleichen, daher wird der Schwellenwert von Ist-pro-Soll gleich 2 angewendet.

#### IV.b Ergebnisse der Studie B: Visualisierung der abweichenden mentalen Modelle mit hoher interindividueller Übereinstimmung

In diesem Teil des Anhangs finden sich die grafischen Darstellungen der erwarteten Bedienabläufe im Vergleich zum konzeptuellen Modell der einzelnen Aufgaben für System B. Es sind nur die relevanten Ausschnitte der Aufgaben abgebildet und nur solche Aufgaben, für welche sich Abweichungen mit sehr hoher oder mittel hoher interindividueller Übereinstimmung ergaben (vgl. Tabelle 7-6).

Die grauen, dünnen Pfeile symbolisieren diejenigen Soll-Bedienhandlungen, welche mit den Erwartungen der Probanden übereinstimmten. Diese Soll-Bedienhandlungen überschritten nicht die in Schritt 3 der Auswertung (vgl. Abschnitt 3.2.3.3) angelegten Kriterien für bedeutsame Abweichungen zwischen mentalen Modellen und konzeptuellem Modell und es wurden keine Prozentzahlen für erwartete Bedienabläufe ermittelt. Ein grauer Pfeil zeigt also gleichzeitig den implementierten und den erwarteten Bedienablauf.

Alle schwarzen Pfeile zeigen erwartete Bedienabläufe für diejenigen Soll-Bedienhandlungen, für welche sich in Schritt 3 auffällige Abweichungen ergeben hatten. Die gestrichelten schwarzen Pfeile symbolisieren an diesen Stellen die mit dem System übereinstimmenden Erwartungen. Auf Grund seiner mit der implementierten Soll-Bedienhandlung übereinstimmenden Erwartung führte der hier angegebene Teil der Probanden die durch den gestrichelten Pfeil gezeigte Bedienhandlung korrekt aus und erreichte dadurch den angegebenen Systemzustand. Die schwarzen, durchgehenden Pfeile wiederum zeigen die vom implementierten Bedienablauf abweichenden Erwartungen. Der für diese Pfeile angegebene Anteil der Probanden führte die durch den Pfeil beschriebene Bedienhandlung in der Erwartung und Absicht aus, den angegebenen Systemzustand zu erreichen. Tatsächlich wurde der abgebildete Systemzustand durch die abweichende Erwartung jedoch nicht erreicht, sondern stellt den erwarteten, durch die Bedienhandlung beabsichtigten Systemzustand dar. In denjenigen Fällen, in denen ein anderer als der nächste tatsächlich implementierte Systemzustand erwartet wurde, ist dieser als kleinerer Kreis dargestellt. Für alle schwarzen Pfeile (Erwartungen) ist ihre Dicke jeweils proportional zu dem Anteil der Probanden, welcher diese Erwartung hatte, und repräsentiert so den Grad an interindividueller Übereinstimmung in den Erwartungen der Probanden. Die zu den Pfeilen angegebenen Prozentzahlen sind jeweils gerechnet von der Anzahl an Probanden, welche einen Systemzustand erreicht hatten und von diesem aus agierten (angegeben in schwarzen Rechtecken).

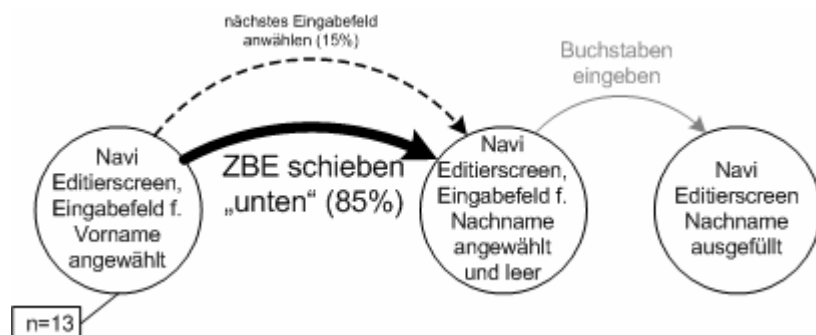


Abbildung 7-18: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Soll-Bedienhandlung „nächstes Eingabefeld anwählen“ der Aufgabe ZSpNeu in System B (V14 in Tabelle 7-11)

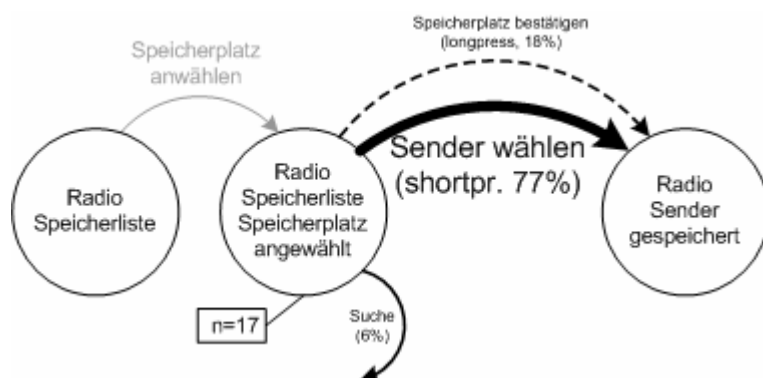


Abbildung 7-19: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Soll-Bedienhandlung „Speicherplatz bestätigen“ der Aufgabe RSenSp in System B (V1 in Tabelle 7-11)

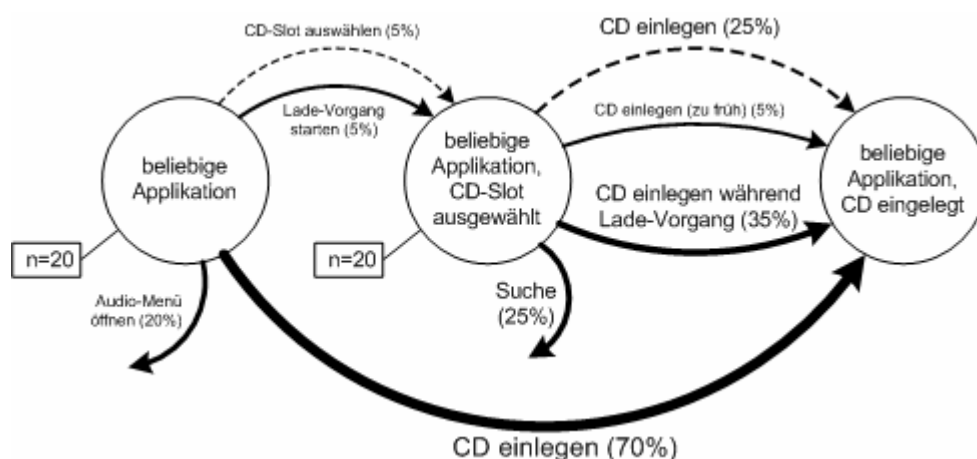


Abbildung 7-20: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Aufgabe CDstar in System B (V3 in Tabelle 7-11)

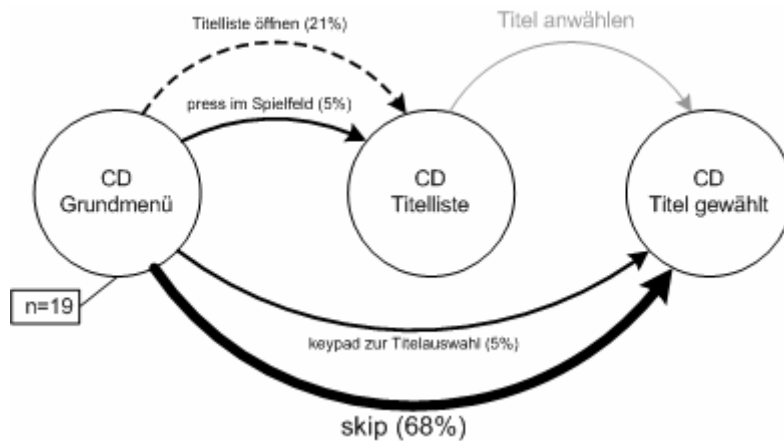


Abbildung 7-21: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für die Soll-Bedienhandlung „Titelliste öffnen“ der Aufgabe CDTiDir in System B (V22 in Tabelle 7-11)

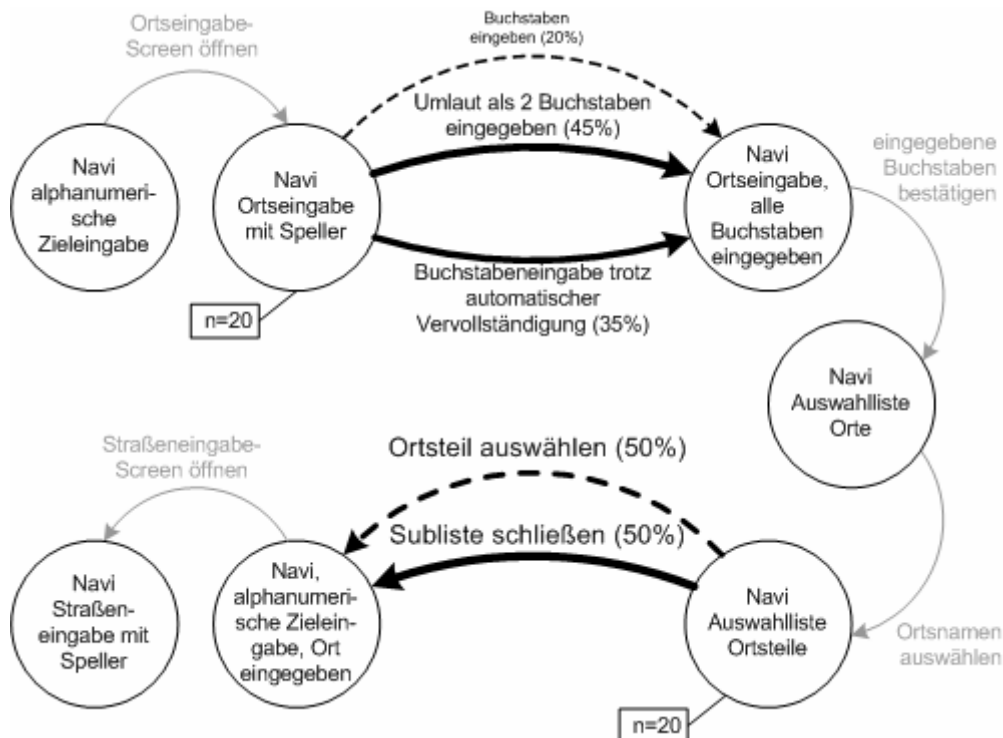


Abbildung 7-22: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ZEalph in System B (V4 und V20 in Tabelle 7-11)

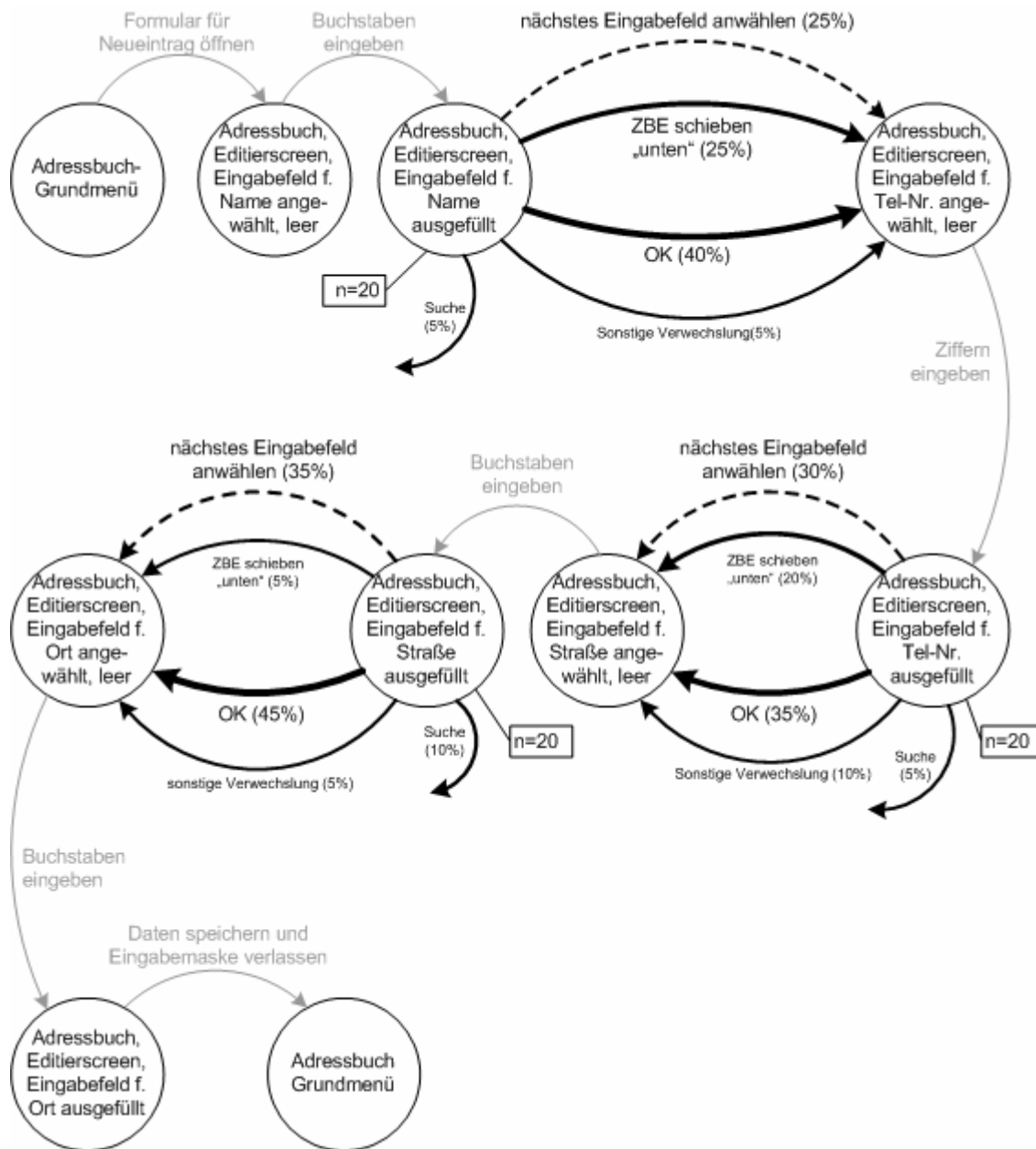


Abbildung 7-23: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe ABneu in System B (V15, V16 und V17 in Tabelle 7-11)

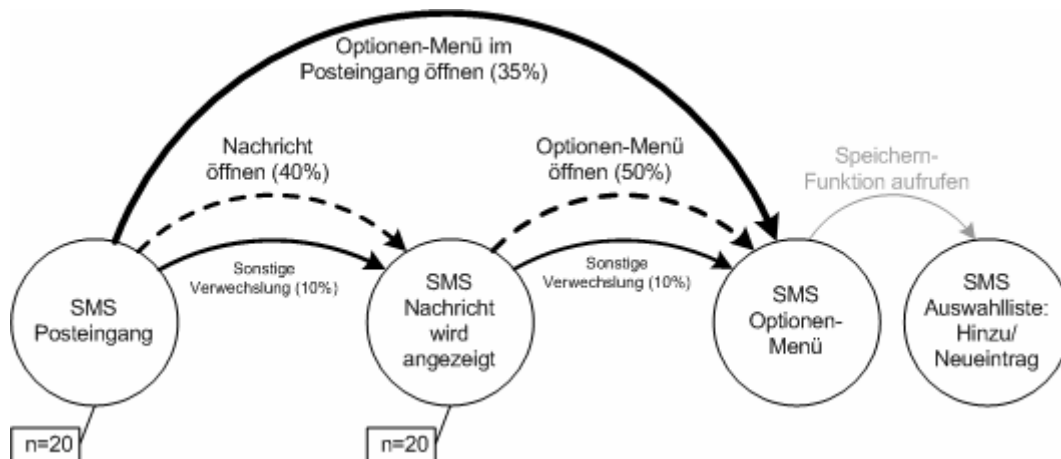


Abbildung 7-24: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSAbsSp in System B (V19 in Tabelle 7-11)

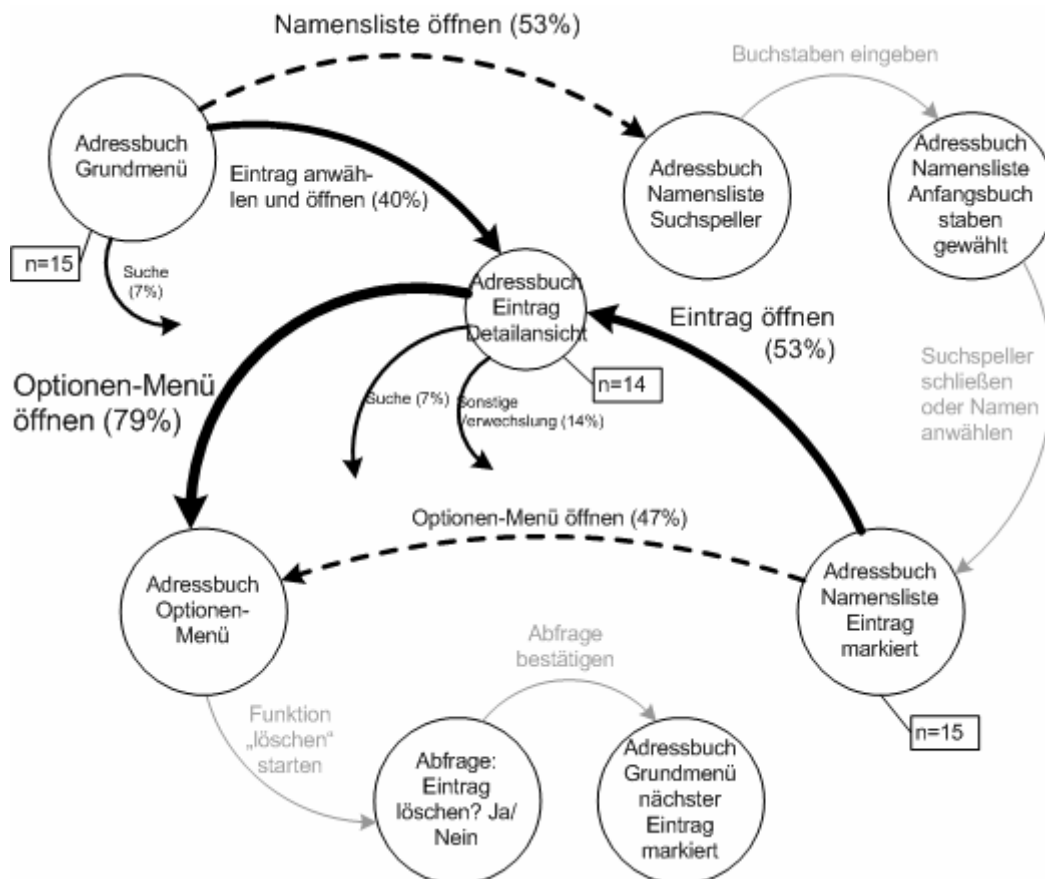


Abbildung 7-25: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe EintrLösch in System B (V5 in Tabelle 7-11 und erste Zeile der Tabelle 7-13)

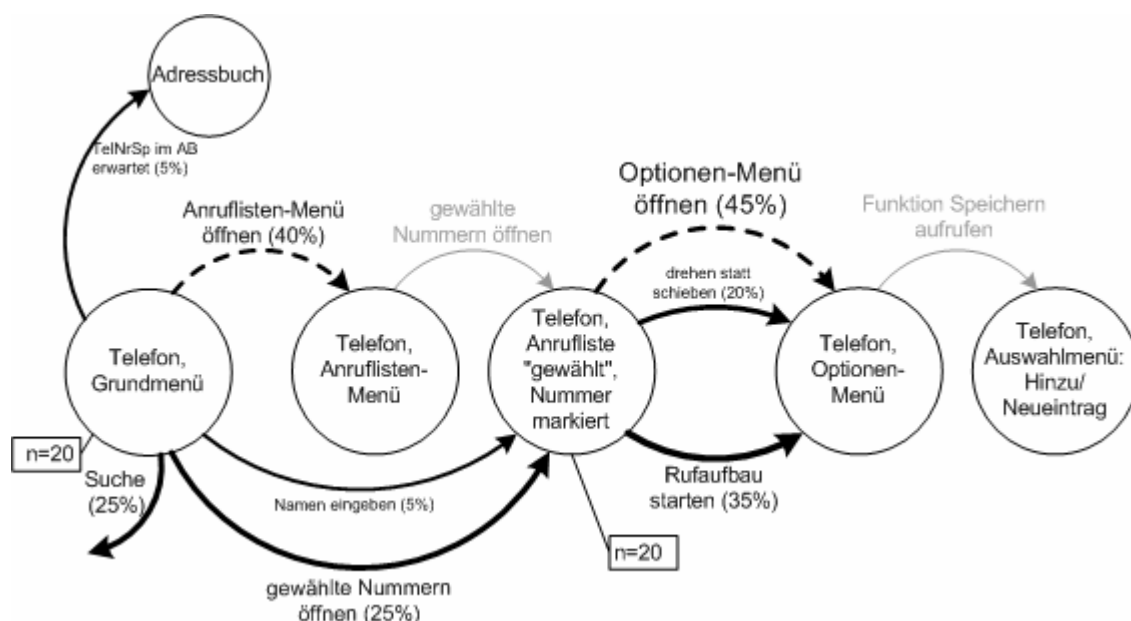


Abbildung 7-26: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe TelNrSp in System B (vierte und fünfte Zeile der Tabelle 7-13)

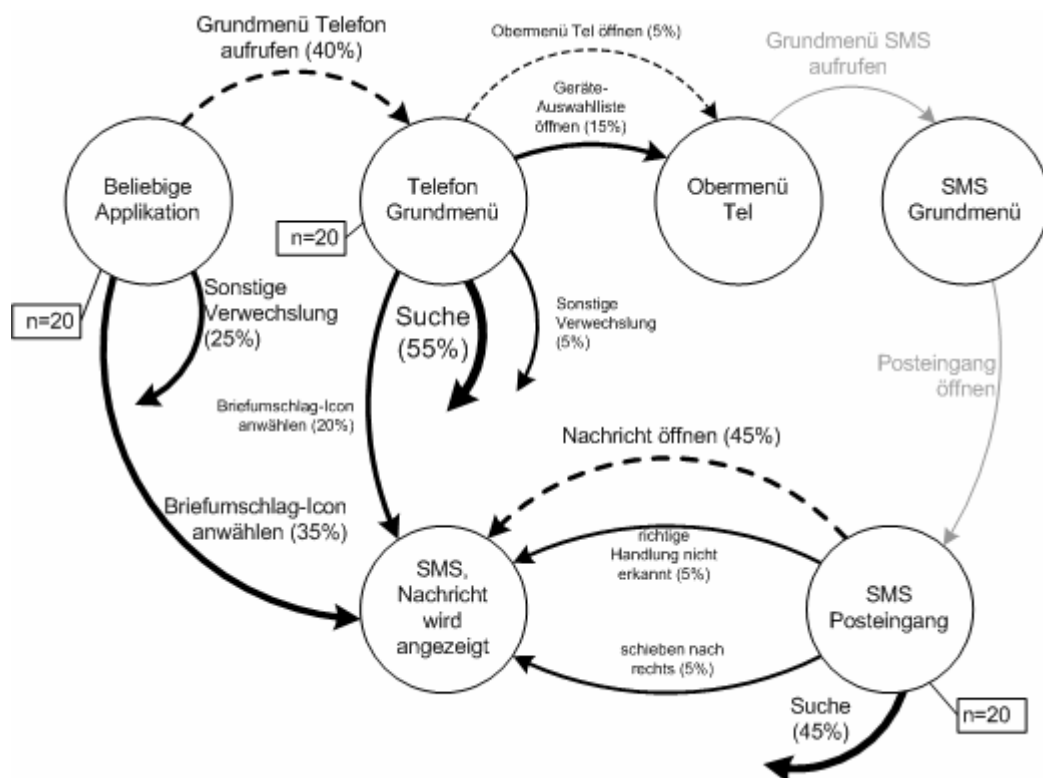


Abbildung 7-27: Grafische Darstellung der implementierten und erwarteten Bedienhandlungen für einen Ausschnitt der Aufgabe SMSlesen in System B (V11, V30, V32 in Tabelle 7-11 und dritte und siebte Zeile der Tabelle 7-13)



## Danksagung

Ganz herzlich möchte ich mich bei Prof. Dr. Hartmut Wandke bedanken für die sehr angenehme Betreuung dieser Arbeit. Dank gebührt ihm vor allem für die kurzfristigen und konstruktiven Rückmeldungen, die er immer wieder zu geben vermochte, und für seine genau richtig dosierten fachlichen Hinweise und Ratschläge.

Einen großen Dank möchte ich Herrn Dr. Günter Metsch und Herrn Dr. Christian Heinrich aus der Abteilung EP/ETB der Daimler AG aussprechen, ohne deren (insbesondere materielle) Unterstützung diese Arbeit nicht möglich geworden wäre. Vielen Dank insbesondere an Christian Heinrich für seinen persönlichen Einsatz für meine Arbeit und außerdem an meine anderen Kollegen aus der Abteilung für drei Jahre gute Arbeitsatmosphäre.

Ein weiterer großer Dank geht an meinen jetzigen Vorgesetzten Jan Billig, ohne dessen Vertrauen und Unterstützung sich die Fertigstellung meiner Arbeit möglicherweise noch etwas länger hingezogen hätte.

Mein Dank geht weiterhin an meine studentischen Mitarbeiter Anna Hirschmüller, Martin Hensel und Rebekka Renner, die mich in meiner Zeit bei der Daimler AG vor allem mit viel Fleißarbeit und hoher Einsatzbereitschaft tatkräftig bei der Erhebung und Auswertung der empirischen Daten unterstützten. Danke auch für die konstruktiven Gespräche!

Vielen Dank allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Ingenieurpsychologie und kognitive Ergonomie am Institut für Psychologie der Humboldt Universität für die positive Atmosphäre im Institut, in welche ich bei meinen Berlin-Aufenthalten eintauchen durfte und die Selbstverständlichkeit, mit der ich dort willkommen geheißen und integriert wurde.

Nicht zuletzt bedanke ich mich ganz herzlich bei Nicole Koch, die mir nun schon zum wiederholten Male geholfen hat, die noch bestehenden Lücken in meiner Arbeit zu schließen und von deren Hilfe und wertvollen Hinweisen die Arbeit deutlich profitiert hat. Außerdem wäre mir wahrscheinlich ohne ihre Unterstützung gegen Ende die Puste ausgegangen.

Vielen Dank an meine Mutter für weiteres Korrekturlesen und ihren sonstigen Beistand in allen Lebenslagen.

Und natürlich vielen Dank an meine Freunde in Stuttgart und Berlin, die mich in vielen Gesprächen zum Durchhalten anspornten und deren manchmal auch kleine Bemerkungen mich den Sinn des Lebens nicht vergessen ließen.

## Erklärungen

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet und wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Hiermit erkläre ich, dass ich mich bisher weder anderweitig um einen Doktorgrad beworben habe, noch bereits einen Doktorgrad im Promotionsfach Psychologie oder einem anderen Promotionsfach besitze.

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II der Humboldt Universität zu Berlin, welche dem Promotionsverfahren zu Grunde liegt, bekannt ist.

Stuttgart, den 16. April 2008

Tanja Schilling